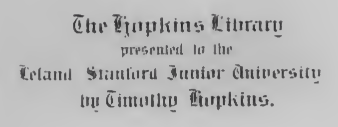
# TRAMWAYS, CONSTRUCTION ET EXPLOITATION

Daniel Kinnear Clark





# TRAMWAYS

---

CONSTRUCTION ET EXPLOITATION

PARIS — IMPRIMERIE ARNOUS DE RIVIÈRE
26, RUE RACINE, 26

# TRAMWAYS

## CONSTRUCTION ET EXPLOITATION

HISTORIQUE DÉTAILLÉ DU SYSTÈME;
ANALYSE DES DIVERS MODES DE TRACTION; DESCRIPTION DES DIFFÉRENTES VARIÉTÉS
DE MATÉRIEL ROULANT
ET DÉTAILS NOMBREUX SUR LES DÉPENSES DE CONSTRUCTION ET D'EXPLOITATION
SPÉCIALEMENT EN CE QUI TOUCHE LES TRAMWAYS DU ROYAUME-UNI

PAR

**D. KINNEAR CLARK, I. C.**

MEMBRE DE L'INSTITUTION DES INGÉNIEURS CIVILS DE LONDRES
Auteur des *Railways Machinery*, *Railways Locomotives*, etc.

**OUVRAGE TRADUIT DE L'ANGLAIS**

ET AUGMENTÉ

D'UN APPENDICE SUR LES TRAMWAYS FRANÇAIS

LEUR CONSTRUCTION, LEUR EXPLOITATION,
LE MATÉRIEL ROULANT ET LES MACHINES DE TRACTION, ETC.

PAR

M. O. CHEMIN

INGÉNIEUR DES PONTS ET CHAUSSÉES

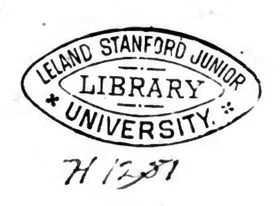
PARIS

DUNOD, ÉDITEUR

LIBRAIRE DES CORPS NATIONAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES
ET DES TÉLÉGRAPHES

**49, Quai des Augustins, 49**

1880


LELAND STANFORD JUNIOR
LIBRARY
UNIVERSITY

# PRÉFACE

Les Tramways ont depuis un grand nombre d'années pris un développement considérable en Angleterre et en Amérique. Quoique leur introduction en France remonte à 1853, ce n'est qu'après 1873 qu'ils ont réellement commencé à se populariser chez nous. Aujourd'hui tout le monde en reconnaît l'utilité, en apprécie les avantages et de nombreuses demandes de concessions affirment les progrès qu'ils font chaque année.

Mais il s'en faut encore de beaucoup que ce réseau de voies nouvelles soit aussi développé que chez nos voisins et que les perfectionnements qu'ils leur ont fait subir soient connus et appliqués en France.

Au moment où l'on s'efforce d'augmenter la fortune publique en achevant nos grands réseaux de chemins de fer et en créant de nouvelles voies de communication de toute nature et de toutes catégories, nous avons cru faire chose utile en mettant sous les yeux des ingénieurs et des constructeurs le résumé de tout ce qui a été fait jusqu'ici pour les Tramways. — Nous sommes généralement peu au courant de ce qui se passe en dehors de chez nous ; et la lenteur avec laquelle les Tramways se sont développés en France dépend certainement moins de notre manque d'initiative que de l'ignorance plus ou moins grande où nous étions (peut-être pourrait-on dire, où nous sommes encore), des conditions les plus avantageuses pour leur établissement, des dépenses qu'ils nécessitent

réellement et des résultats financiers et économiques qu'on peut légitimement en attendre.

A ces points de vue, la vulgarisation des principes de construction qui leur sont applicables et l'analyse des résultats d'exploitation de compagnies bien administrées ne peuvent qu'être utiles aux constructeurs, aux capitalistes et aux personnes qui sollicitent des concessions. Si l'on considère de plus que les ingénieurs de l'État sont appelés à contrôler les projets et les travaux des lignes nouvelles, souvent même à donner leur avis officieux et préalable aux municipalités, aux départements, etc., on voit combien il est nécessaire de propager la connaissance de ces nouveaux travaux et d'indiquer en même temps un certain nombre de types sur lesquels l'expérience s'est déjà prononcée. L'étude historique de la question aura même un intérêt tout particulier ; car prenant les Tramways à leur origine, elle montrera les phases par lesquelles ils ont passé, les essais plus ou moins heureux qu'on a tentés, les difficultés contre lesquelles on s'est heurté, et les progrès qu'on a successivement réalisés. Si poursuivant plus loin, on compare les types employés à Paris et dans d'autres villes à ceux qui sont actuellement usités en Angleterre, on sera amené à se rendre compte de la notable infériorité de beaucoup de nos réseaux et on sentira mieux encore combien il est utile de savoir ce qui se fait au dehors pour n'avoir pas le regret de voir adopter, presque au moment où nous écrivons, des systèmes qu'on a essayés ailleurs, il y a dix ans et plus, et que l'expérience des constructeurs étrangers a depuis longtemps condamnés.

L'ouvrage de M. Clark est à proprement parler le premier traité qui ait réuni en un tout homogène les nombreux documents épars existant sur la matière. La compétence de son auteur n'est pas discutable et sa grande autorité dans tous les sujets qui se rattachent plus ou moins directement aux chemins de fer donne une valeur toute particulière à cette nouvelle publication.

C'est ce qui nous a décidé à en entreprendre la traduction. Un coup d'œil jeté sur la table des matières montrera que les renseignements de toute nature y abondent. A côté de l'historique détaillé

des Tramways, on trouvera la description des principaux types de voies, avec leurs prix de revient. L'étude des résultats de l'exploitation prend une large place ; elle se trouve résumée dans une série de tableaux établis suivant des modèles uniformes et qui rendent les comparaisons nettes et faciles. Le matériel roulant n'est pas négligé ; enfin une section tout entière est consacrée aux moyens de traction mécanique qui paraissent destinés à remplacer les chevaux dans un avenir peu éloigné. Un grand nombre de figures et treize planches rendent plus claires les explications du texte. Enfin nous avons transformé toutes les mesures, monnaies, poids, etc., anglais en mesures, monnaies, poids, etc, français.

Notre but n'aurait été atteint que d'une manière imparfaite si nous en étions resté là. M. Clark a presque exclusivement traité des Tramways au point de vue du Royaume-Uni. Mais nous aussi, nous possédons actuellement en France un assez grand nombre de réseaux de Tramways pour qu'il y ait intérêt à leur consacrer plus qu'une mention de quelques pages. Dans l'appendice, nous donnons tous les renseignements que nous avons pu recueillir sur ce qui se fait chez nous. Nous ne nous dissimulons pas que, sur bien des points, ils ne sont pas aussi complets que nous l'aurions désiré; nous en indiquons sommairement les raisons.

Pour rendre les comparaisons plus faciles, nous avons adopté le même ordre d'exposition que M. Clark et divisé l'appendice en sections comprenant respectivement la construction, l'exploitation, le matériel roulant, les machines de traction et la législation. Des figures sont intercallées partout où elles peuvent aider à l'intelligence du texte et onze planches nouvelles en forment le complément.

La plupart des compagnies gardent les renseignements qu'elles possèdent avec un soin si jaloux que nous n'aurions pu mener notre entreprise à sa fin, si les ingénieurs chargés du contrôle des divers réseaux, construits ou en construction, ne nous avaient communiqué, avec la plus grande bienveillance, les documents dont ils pouvaient disposer. Nous devons particulièrement remercier MM. les Inspecteurs Généraux Leblanc, Roussel, Raillard et

MM. les Ingénieurs en chef Chéguillaume, Degrand, Grille, Renoust des Orgeries, Vigan, Viller. M. l'Inspecteur Général Leblanc notamment a bien voulu nous confier un travail manuscrit sur les Tramways de Marseille, d'où nous avons tiré la majeure partie des renseignements relatifs à ce réseau. Enfin MM. Marsillon, Broca, Bonnefond, Delettrez frères, Morel-Thibaut, Franck, Mekarski et Bourdon nous ont donné sur leurs systèmes respectifs de voies, de matériel ou de machines, tous les détails qui pouvaient nous intéresser.

Nous nous estimerons heureux si la publication du présent traité peut combler la regrettable lacune qui existe dans les ouvrages s'occupant des questions pratiques de locomotion, où il est généralement peu parlé des Tramways, et si nous attirons d'une manière encore plus particulière l'attention des ingénieurs et des constructeurs sur ce système dont l'opinion publique se préoccupe à juste titre et auquel un grand avenir paraît réservé.

O. CHEMIN.

# TABLE DES MATIÈRES

## PREMIÈRE PARTIE

### ORIGINE ET PROGRÈS DES TRAMWAYS

#### CHAPITRE I.

ORIGINE DES TRAMWAYS.



#### CHAPITRE II.

TRAMWAYS MODERNES DANS LE ROYAUME-UNI.



#### CHAPITRE III.

TRAMWAYS DANS LA MÉTROPOLE. TRAMWAYS DE LEEDS.



#### CHAPITRE IV.

TRAMWAYS DE LA CORPORATION DE GLASCOW.

## CHAPITRE V.

SYSTÈME D'ATTACHE DE LARSEN. TRAMWAYS SUR RUES DE LONDRES.
TRAMWAYS DE BELFAST.



## CHAPITRE VI.

TRAMWAYS DE DUBLIN.



## CHAPITRE VII.

TRAMWAYS DE LA VALLÉE DE LA CLYDE.



## CHAPITRE VIII.

RECONSTRUCTION DES TRAMWAYS NORD-MÉTROPOLITAINS DE LONDRES.
DÉTAILS DES DÉPENSES DES TRAMWAYS DE LONDRES.



## CHAPITRE IX.

VOIES MÉTALLIQUES DE LIVESEY, COCKBURN-MUIR, KINCAID, DOWSON, SCHENK.



---

# DEUXIÈME PARTIE

PRATIQUE ACTUELLE SUIVIE POUR LA CONSTRUCTION DES TRAMWAYS
DANS LE ROYAUME-UNI

---

## CHAPITRE I.

TRAMWAYS SUR RUES D'ÉDIMBOURG. 1871-73.

## CHAPITRE II.

TRAMWAYS SUR RUES DE DUNDEE. 1877.



## CHAPITRE III.

TRAMWAYS DE LA CORPORATION DE GLASGOW. 1874-1875.
SYSTÈME DE MM. JOHNSTONE ET RANKINE.



## CHAPITRE IV.

TRAMWAYS DE BRISTOL, DE LEICESTER, DE SALFORD.
SYSTÈME DE M. KINCAID. 1876-1877.



## CHAPITRE V.

TRAMWAYS DE SOUTHPORT, DE WIRRAL. SYSTÈME DE M. BELOE.



## CHAPITRE VI.

TRAMWAYS DE LA CORPORATION DE MANCHESTER. SYSTÈME BARKER 1877.



## CHAPITRE VII.

TRAMWAYS DE LIVERPOOL. SYSTÈME DEACON. 1877.



## CHAPITRE VIII.

SYSTÈME DE TRAMWAYS DE M. ROBINSON SOUTTAR.



## CHAPITRE IX.

TRAMWAYS DE PORTS.

## CHAPITRE X.

SUPPLÉMENT SUR LES TRAMWAYS ÉTRANGERS.



## CHAPITRE XI.



# TROISIÈME PARTIE.

DÉPENSES DE CONSTRUCTION ET D'EXPLOITATION DES TRAMWAYS.

## CHAPITRE I.



## CHAPITRE II.



## CHAPITRE III.



## CHAPITRE IV.



## CHAPITRE V.



## CHAPITRE VI.



## CHAPITRE VII.



## CHAPITRE VIII.



## CHAPITRE IX.



## CHAPITRE X.

## CHAPITRE XI.



## CHAPITRE XII.



# QUATRIÈME PARTIE

CARS DE TRAMWAYS.

## CHAPITRE I.

NOTICE HISTORIQUE SUR LES CARS DE TRAMWAYS.



## CHAPITRE II.



## CHAPITRE III.

CAR A VOYAGEURS, SANS IMPÉRIALE, CONSTRUIT PAR LA COMPAGNIE DES CARS ET WAGONS DE STARBUCK.



## CHAPITRE IV.

CAR A VOYAGEURS, A ESSIEUX CONVERGENTS, DE M. JAMES CLEMINSON.



## CHAPITRE V.

RESSORTS DE SUSPENSION.



## CHAPITRE VI.

ROUES DE CARS.



## CHAPITRE VII.

CARS DE TRAMWAYS FRANÇAIS.



## CHAPITRE VIII.

# CINQUIÈME PARTIE.

## TRACTION MÉCANIQUE SUR LES TRAMWAYS.

### CHAPITRE I.

NOTICE HISTORIQUE SUR L'APPLICATION DE LA PUISSANCE MÉCANIQUE AUX TRAMWAYS.



### CHAPITRE II.

DONNÉES ÉLÉMENTAIRES SUR LA PUISSANCE MÉCANIQUE.



### CHAPITRE III.

MACHINES DE TRAMWAYS A EAU CHAUDE.



### CHAPITRE IV.

MACHINES A AIR COMPRIMÉ.



### CHAPITRE V.

LOCOMOTIVES DE TRAMWAYS DE MM. MERRYWEATHER ET FILS, DE LONDRES.

## CHAPITRE VI.

LOCOMOTIVE AUXILIAIRE DE RAMPE, A CYLINDRES COMBINÉS, POUR TRAMWAYS, DE M. HENRI P. HOLT.



## CHAPITRE VII.

LOCOMOTIVE DE TRAMWAYS, A CONDENSATION, DE M. LOFTUS PERKINS, DE LONDRES.



## CHAPITRE VIII.

CAR A VAPEUR AVEC TRAIN BISSEL DE M. EDWARD PERRETT, DE LONDRES



## CHAPITRE IX.

CAR A VAPEUR A DOUBLE TRAIN DE M. A. BROWN, DE WINTERTHUR.



## CHAPITRE X.

CAR A VAPEUR A DOUBLE TRAIN DE M. W. R. ROWAN, DE COPENHAGUE.



---

# APPENDICE

LÉGISLATION ANGLAISE POUR LES TRAMWAYS.



## TRAMWAYS FRANÇAIS.



CONSTRUCTION DES VOIES FRANÇAISES.

EXPLOITATION.



MATÉRIEL ROULANT.



TRACTION MÉCANIQUE.



## LÉGISLATION DES TRAMWAYS.

# TRAMWAYS

## PREMIÈRE PARTIE

ORIGINE ET PROGRÈS DES TRAMWAYS

## CHAPITRE PREMIER

ORIGINE DES TRAMWAYS

Un *tram*, suivant Nuttall, est le timon ou les brancards d'une charrette ou d'une voiture. C'est aussi le nom local d'un wagon à charbon ; on en a formé le mot composé *tramway*, chemin pour les trams ; chemin sur lequel on a disposé d'étroites bandes de bois, de pierre ou de fer pour les trams ou wagons.

En France, les tramways étaient officiellement connus sous le nom de *voies ferrées à traction de chevaux*. Le public les appelait *chemins de fer américains*. Dernièrement enfin, le mot anglais *tramway* a été adopté d'une manière générale.

Un tramway, dans le sens moderne du mot, est un chemin de fer sur rues ou sur routes, qui constitue, avec la chaussée, une combinaison de moyens de transports par voie de fer et à la manière ordinaire ; de telle sorte que le trafic de la rue ou de la route puisse s'effectuer librement, sans être gêné par le tramway. Il résulte de là, comme condition prin-

cipale pour que la circulation soit libre, que la surface des rails, destinés à porter des roues à boudin, doit être au niveau général de la chaussée.

Les tramways, en tant que devant faciliter un trafic pesant et continu étaient, on se l'imagine aisément, bien plus désirables à l'époque où les routes étaient mauvaises ou n'existaient pas, qu'ils ne le sont maintenant. Ils furent installés, il y a plus de deux cents ans, dans les districts miniers de l'Angleterre, quand le charbon, remplaçant rapidement le bois comme combustible, il fallut le mener aux ports d'embarquement. On peut aisément se faire une idée de la difficulté qu'on avait à entretenir les routes qui conduisaient aux mines de houille. Les routes en terre qu'on voit de nos jours en Égypte montrent ce que pouvaient être les nôtres avant le macadam. Après une forte pluie, elles se transforment en lacs de boue et constituent de formidables obstacles à la circulation au lieu de la faciliter. Nos aïeux furent conduits à mettre des planches ou des morceaux de bois au fond des ornières; ils trouvaient cela plus commode que de les remplir de pierres. A leur tour, les inconvénients des ornières amenèrent à placer sur le sol des planches ou des rails en bois.

En 1676, les tramways consistaient en rails de bois « allant de la mine à la rivière et posés suivant des lignes droites et parallèles ».

Dans le principe, les rails étaient des morceaux équarris de chêne bien sain; ils étaient reliés par des traverses de même matière, auxquelles ils étaient réunis au moyen de chevilles de chêne, comme le montre la *fig.* 1. Les rails avaient environ 0m,10 d'épaisseur, 0m,10 à 0m,13 de largeur; ils étaient placés à une distance de 0m,90 à 1m,20 et avaient 1m,80 de long. Les traverses, longues de 1m,80, avaient de 0m,10 à 0m,13 d'épaisseur, 0m,13 de largeur et étaient distantes de 0m,60 d'axe en axe.



Fig. 1. — Tramways primitifs en bois. Échelle 1/24.

Mais l'usure et la détérioration rapide des rails, en raison de la construction grossière des roues, et celle des traverses sous l'action des pieds des chevaux, conduisirent à placer un rail supplémentaire sur le premier, *fig.* 2. Ce second rail devint la pièce qui s'usa et pût se remplacer facilement; en même temps, l'augmentation de profondeur qu'il procurait permit de recouvrir les traverses de terre et de les protéger des pieds des chevaux. La partie portant les roues était en bois dur, — hêtre ou sycomore; — elle avait 1m,80 de long et de 0m,10 à



Fig. 2. — Tramways primitifs à doubles rails. Échelle 1/24.

0m,15 d'épaisseur. Les rails inférieurs de la double voie, d'abord en chêne, furent dans la suite faits en sapin.

Il devint ensuite de pratique courante de clouer des barres de fer sur la surface des rails, dans les parties en pente où le tirage était augmenté par suite de l'usure plus grande du bois. Ces barres ou rails avaient environ 0m,05 de largeur et 0m,012 d'épaisseur; elles étaient fixées sur les rails de bois au moyen de clous à tête fraisée. Mais les barres n'étant pas assez rigides, ployaient considérablement sous les wagons chargés et, suivant M. Wood, la résistance était de bien peu inférieure à celle d'une double voie en bois, bien construite.

Néanmoins, l'établissement du tramway eut pour conséquence une amélioration marquée dans le rendement en travail des chevaux de trait. Sur une route ordinaire, la charge ordinaire de charbon pour un cheval était d'environ 860 kilog., tandis que, sur le tramway, un cheval pouvait mener régulièrement 2.130 kilog. de charbon.

La fonte fut essayée, la première fois et incidemment, comme matière pour les rails par la compagnie métallurgique de Colebrooke Dale, en 1767. Cette société résolut de protéger ses rails de chêne avec de la fonte « non pas comme un moyen nécessaire de perfectionnement, dit M. Hornblower dans son écrit de 1809; mais, en partie, comme mesure d'économie bien entendue pour son commerce. En raison de circonstances particulières, le prix des gueuses tomba très-bas; l'industrie de la compagnie avait une très-grande extension, et pour maintenir ses fourneaux en activité, elle pensa que le meilleur moyen était de façonner les gueuses de manière à les placer sur les rails en bois, et qu'ainsi elles gagneraient leur intérêt en diminuant les réparations à faire aux rails. Si le cours du fer remontait tout à coup, on n'aurait qu'à les enlever et à les expédier comme gueuses (1) ».

Les rails étaient fondus par longueurs de 1m,50 avec une largeur de 0m,10 et une épaisseur de 0m,03; ils présentaient trois trous qui permettaient de les fixer sur les rails de chêne, « et c'était très-complet comme exécution. » (Voir *fig.* 3.)

Le tramway se transforma en railway par l'emploi de rails à champignon ou à rebords, élevés à dessein au-dessus de la surface du sol et placés suivant de nouveaux parcours établis spécialement en vue de la création des railways. Mais une réaction se produisit quand on reconnut que ces derniers ne pouvaient se prêter, comme il le fallait, à

(1) Observations de M. Hornblower, dans l'Appendice au *Troisième rapport du Comité des routes*, 1809.

suivre les lignes secondaires de trafic qui occupaient les routes et les rues. On fit revivre le tramway commode et sans prétentions, et on l'établit dans les rues et sur les routes pour le transport des passagers, à la manière des omnibus. Comme les tramways primitifs, ces nouvelles voies ont été, pour la plupart, desservies au moyen de chevaux. Néanmoins, en vue du succès du système des tramways comme fait mécanique, on peut espérer qu'on remplacera les chevaux par la vapeur, ou une force motrice quelconque.

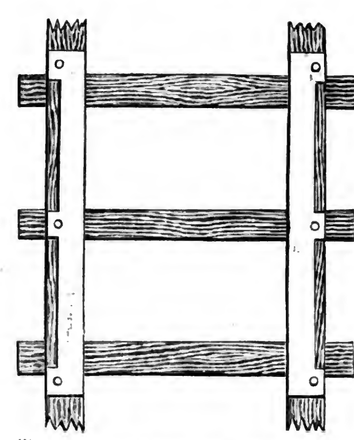


Fig. 3. — Rails en fonte pour tramways établis par la compagnie de Colebrooke Dale. Échelle 1/24.

Le tramway moderne a été employé pour la première fois aux États-Unis, où il était devenu un besoin urgent, à cause du mauvais état des rues et routes des grandes villes. Le premier tramway américain fut la ligne de New-York et Haarlem dont la première section, établie dans les points de passage les plus fréquentés, a été ouverte en 1832. Elle avait une largeur de voie de 1$^{m}$,435. Mais elle était impopulaire et fut supprimée pendant un certain temps. Les tramways furent rétablis dans la même ville, vers 1852, grâce à un ingénieur français, M. Loubat, qui prôna et construisit un tramway composé de rails en fer laminé posés sur des longuerines en bois. Les rails présentaient, à leur partie supérieure, une rainure ou ornière pour guider les roues des voitures; celles-ci étaient munies de boudins comme celles des voitures de chemin de fer et des wagons (1).

Les tramways se multiplièrent rapidement à New-York, qui leur doit beaucoup de son développement; car le trafic qu'ils desservent est de beaucoup plus important que celui des voitures à roues légères employées pour la circulation ordinaire. Sans cela, les rails qui présentaient de

(1) Les rails employés à Paris par M. Loubat, et dont nous parlerons plus loin, étaient semblables à ceux dont il se servit en Amérique.

larges et profondes ornières n'auraient pas été tolérées dans les rues. Le tramway procura des avantages incalculables et devint un élément caractéristique indispensable dans les principales cités des États-Unis. Les longues distances à parcourir, l'état généralement mauvais des rues et des routes, la rareté comparative des autres véhicules, formèrent un concours de circonstances qui imposèrent l'usage des voitures des tramways pour toutes les classes.


*Rails des tramways de New-York.* — Demi-grandeur.



Fig. 4. — New-York et Haarlem.



Fig. 5. — Brooklyn-City.

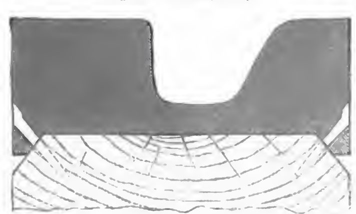


Fig. 6. — New-York. Seconde avenue.

Les habitudes se formèrent et les irrégularités des rails et des routes furent moins vivement senties qu'elles ne l'ont été dans ce pays-ci. Les coupes ci-jointes montrent la témérité avec laquelle on a projeté des rails de tramways à New-York, en combinant des ornières dangereuses avec des sections massives.

Un observateur désintéressé, frappé des proportions des rails à New-York et de leurs ornières effrayantes, les décrivait comme « des rails ayant une espèce de gouttière en fer, attachée à l'arête intérieure de chacun d'eux » (1).

*Rails de tramways de New-York.* — Demi-grandeur.

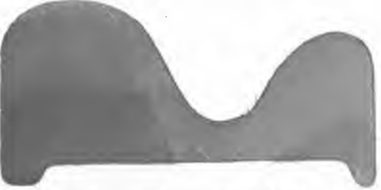


Fig. 7. — New-York. Troisième avenue.



Fig. 8. — New-York. Sixième avenue.



Fig. 9. — New-York. Neuvième avenue.

---

(1) Lettre de M. Longley, citée par M. Beresford Hope, dans sa déposition devant la Commission spéciale pour les tramways, 1872. Un membre de la Commission, M. Pell, frappé de l'originalité de l'idée d'une « gouttière » fixée le long du rail, demanda naturellement à M. Hope :

D. En comparant le système de New-York avec celui adopté à Londres, vous avez parlé d'une gouttière en fer, comme étant un trait caractéristique du système.

R. Mon correspondant est M. Longley, fils de feu l'archevêque, qui est bien connu et qui s'est trouvé à New-York l'année dernière. Je ne sais si vous voulez attaquer la condition sociale de mon correspondant de New-York.

D. Nullement. Mais, si je comprends bien, la gouttière en fer n'est nullement usitée dans le système anglais.

R. Je ne suppose pas qu'aucun témoin puisse prétendre qu'elle l'est.

D. Mais quand vous dites que le système de New-York est caractérisé par des gouttières en

| FIGURES. | NOMS DES LIGNES. | POIDS par mètre courant. | PROFONDEUR de l'ornière. | ÉPAISSEUR au bourrelet. | LARGEUR totale. |
|---|---|---|---|---|---|
| | | kil. | mèt. | mèt. | mèt. |
| 4 | New-York et Haarlem. . . . . | 48 | 0,040 | 0,056 | 0,145 |
| 5 | Brooklyn city. . . . . . . . . | 33 | 0,031 | 0,044 | 0,124 |
| 6 | New-York. 2ᵉ avenue. . . . . | 34 | 0,031 | 0,041 | 0,127 |
| 7 | — 3ᵉ avenue. . . . . | 45 | 0,043 | 0,059 | 0,136 |
| 8 | — 6ᵉ avenue. . . . . | 38 | 0,040 | 0,053 | 0,127 |
| 9 | — 9ᵉ avenue. . . . . | 30 | 0,025 | 0,038 | 0,127 |

Un ingénieur anglais, M. Charles L. Light, voyant avec juste raison que la grande ornière ou « gouttière » dans le rail était un sérieux inconvénient, étudia et appliqua, en 1856-57, dans les rues de Boston (États-Unis), un rail de tramway moins incommode, dans lequel la profondeur de l'ornière était limitée à 0ᵐ,019, tandis que la partie intérieure de l'ornière se continuait suivant un plan incliné disposé de manière que la poussière ou les petites pierres pussent être chassées le plus facilement possible par les boudins des roues des voitures ou cars (1).

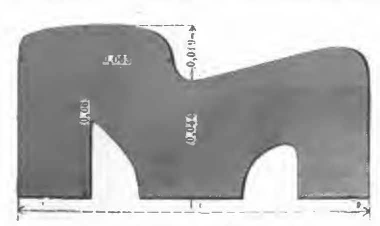



Fig. 10. — Rail en fonte de Boston (États-Unis). par M. C. L. Light. Demi-grandeur.

L'ornière n'était pas aussi profonde et n'endommageait pas autant les roues des véhicules ordinaires que les ornières des tramways de New-York.

Les rails (*fig.* 10), étaient en fonte, par longueurs de 1ᵐ,82 et 2ᵐ,44, et pesaient 37 kilog. le mètre courant, Leurs extrémités, coupées

fer, et par suite désavantageux au public, quelle conclusion voulez-vous que la Commission en tire ?

R. Que le système de New-York a un élément de gêne de plus que le système anglais.

Comme le dit M. Hope lui-même dans sa réponse suivante, une déposition amenée dans ces termes est une mauvaise plaisanterie, désagréable et inexacte. L'histoire en est ainsi faite. — Voici une autre partie de la déposition de M. Hope : « Les omnibus, dangereux et désagréables comme ils le sont, se meuvent çà et là, tandis qu'un tramway ne peut le faire. » « M. Train a établi une de ses lignes et placé une station de ses omnibus sous ma fenêtre; et le bruit, les cris et le tumulte étaient certainement un grand ennui. » Il n'y a rien à répondre à une pareille déposition.

(1) Le mot *car*, étant actuellement employé d'une manière générale par beaucoup d'ingénieurs, nous nous en servirons fréquemment pour désigner les voitures circulant sur les tramways. (*Note du traducteur.*)

diagonalement, portaient un assemblage avec goujon, destiné à maintenir les bouts des rails à un même niveau. Après plusieurs années, ils furent remplacés par des rails en fer.

Pour atténuer les inconvénients des sections des rails des tramways de New-York, on introduisit à Philadelphie une forme différente de rail, un rail « à gradin » comme on peut l'appeler (*fig.* 11), d'où on a exclu l'ornière, mais qui conserve un filet saillant. Il fut placé dans la Cinquième et Sixième Rue, où il donna satisfaction. Il consistait en une table plate de 0$^m$,127 de large, portant à une de ses arêtes un boudin ou filet en saillie de 0$^m$,022 sur la surface de la table et sans ornière. En dessous il présentait, de chaque côté, un boudin ou filet, entrant dans des rainures correspondantes pratiquées aux angles supérieurs des longuerines.

Son poids était de 23 kilog. par mètre courant. La voie était fixée à 1$^m$,575 entre les boudins pour s'adapter aux roues des véhicules ordinaires, qui pouvaient rouler sur la partie plane la plus basse. Le type de tramways ainsi arrêté en 1855 pour Philadelphie et qu'on a conservé jusqu'ici, est représenté dans les figures 12 et 13.

Les rails reposaient sur des longuerines en sapin jaune, larges de 0$^m$,127, épaisses de 0$^m$,178, et boulonnées sur des traverses, larges de 0$^m$,152 et épaisses de 0$^m$,127, avec des équerres en fer pour maintenir les rails suivant la largeur de voie.

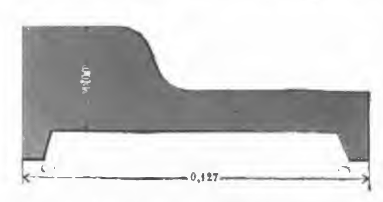



Fig. 11. — Rail à gradin de Philadelphie. Demi-grandeur.

En suivant le principe du rail de Philadelphie, mais en adoptant une plus grande largeur, 0$^m$,20, on introduisit à New-York un rail semblable (*fig.* 14), avant 1860. Il se prêtait mieux à recevoir les roues des véhicules ordinaires, qui variaient considérablement dans leur espacement, tandis que les nouvelles voitures du genre ordinaire étaient construites de manière à avoir la voie du tramway.

Mais la large table plate du rail à gradin a l'inconvénient de donner un mauvais terrain pour les pieds des chevaux, qu'ils soient attelés aux cars ou aux voitures ordinaires. Il y a en outre l'objection générale contre la forme à gradin de la surface ; quoique la surélévation ne dépasse jamais 0$^m$,025, elle suffit cependant pour causer une gêne considérable aux voitures qui traversent obliquement la voie, en forçant les roues et les essieux. D'un autre côté, le rail à gradin a l'avantage sur le

rail à ornière que la roue du car est toujours libre, qu'il n'y a pas de rainure où la poussière et les ordures puissent se loger et créer des

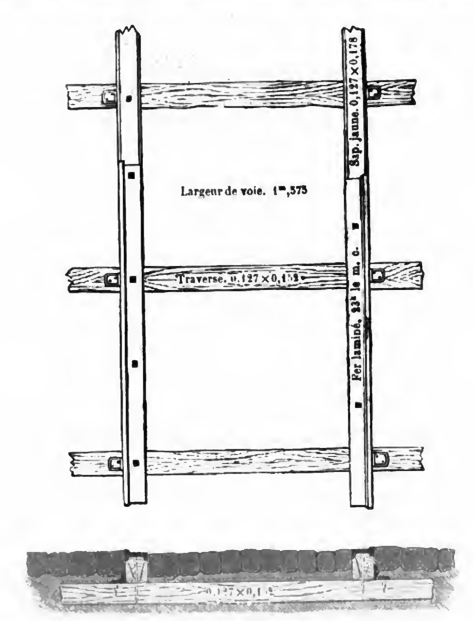



Fig. 12 et 13. — Tramways de Philadelphie — Échelle 1/[illegible].

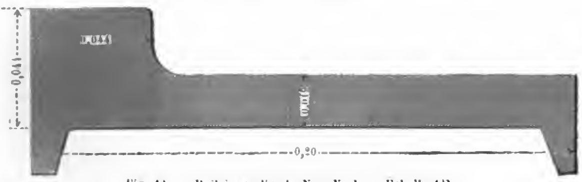



Fig. 14. — Rail à gradin de New-York. — Echelle 1/2.

obstacles au roulement, et qu'en même temps il n'y a rien qui prenne les roues des voitures ordinaires.

Le rail à gradin est d'un usage général dans les principales villes des États-Unis, où le trafic par omnibus ou voitures légères, probablement

moins important que dans les villes anglaises, est par suite moins exposé aux effets nuisibles du bourrelet en saillie.

Le rail à gradin est employé dans les tramways de Washington (États-Unis), et c'est probablement la forme la plus généralement adoptée pour les tramways des États-Unis. Les tramvays ont été extrêmement développés dans les principales villes de l'Union. Rien que dans l'État de New-York, en 1875, il y avait 87 compagnies de voies ferrées sur rues, donnant une longueur de 696 kilomètres de voies ouvertes au trafic.

La largeur de voie adoptée le plus généralement pour les tramways dans les États-Unis est de 1m,435.

Le système des tramways de Buénos-Ayres, principale ville de la République Argentine, est un exemple frappant des avantages de l'adoption des tramways dans les villes. En 1872, il y avait environ 112 kilomètres de tramways en exploitation ou en construction dans cette ville. Eu égard à sa grandeur (elle ne contient que 200,000 habitants), c'est probablement la ville du monde qui en a la plus forte proportion.

Le développement extraordinaire du système est attribué en grande partie au confort, au bon marché et à la rapidité de la locomotion par tramway, comparés aux moyens antérieurs de transport par voitures ou omnibus, sur un pavage du genre le plus primitif.

La ville est bâtie, comme les villes et cités des États-Unis, en pâtés de maisons carrés, avec des rues en ligne droite, parallèles et perpendiculaires les unes aux autres. Presque chaque rue a sa ligne de tramways établie, le plus généralement suivant le système Livesey qu'on décrira plus loin. Les principales lignes sont connues sous le nom de tramway de la Cité, tramway Billinghurst (maintenant Argentin), Lacroze, National, Mendez et Sud.

Un fait particulier, qui augmentait les dépenses d'exploitation de ces tramways, était la nécessité d'avoir, il y a quelques années, des « trompettes, » hommes à cheval qui allaient devant les cars en sonnant de la trompette, pour écarter de la voie les charrettes et autres véhicules, prévenir les collisions à l'intersection des rues, et, en outre, aider à sortir de la voie qu'ils obstruaient les voitures pesamment chargées ou brisées (1).

Le tramway moderne a été introduit en Angleterre par M. G. F. Train, qui, en 1857, proposa d'établir des tramways du système de ceux de Philadelphie, dans plusieurs passages métropolitains et dans quelques

(1) *Engineering*, 17 mai 1872, p. 332.

villes de province. M. Train s'associa avec M. James Samuel, I. C. (1); mais ils ne purent réussir à obtenir un Acte du Parlement qu'ils avaient sollicité en 1858; et cela, principalement à cause de l'opposition de Sir Benjamin Hall, commissaire en chef des travaux publics. « Il était complétement impossible, dit ce dernier, de placer sur des routes macadamisées des rails ou plaques de fer sur lesquels les voitures rouleraient, avec la certitude, par exemple, qu'on pourrait toujours les maintenir au même niveau que la chaussée; les voitures, en traversant diagonalement les rails dans leurs courses, seraient exposées à avoir leurs roues arrachées, et les accidents les plus sérieux pourraient avoir lieu, quelques précautions qu'on prît. Les influences atmosphériques produiraient même cet effet à certains moments (2).

« Sir Benjamin Hall, » dit M. Train, « n'a répondu aux arguments de M. Samuel que par des préjugés. Il est difficile de discuter contre des faits, mais il est impossible de venir à bout de l'entêtement. » Il est néanmoins prouvé que Sir Benjamin était dans le vrai.

A défaut de mieux, M. Train s'adressa, en mars 1860, aux commissaires de Birkenhead, et obtint d'eux, en mai de la même année, la permission d'établir son tramway dans cette ville. En avril, il prit un brevet pour son système.

« Malgré mon brevet, » dit M. Train, « l'œuf sera bientôt mis en morceaux, avec beaucoup de dépenses et de travail, et je vais m'efforcer d'empêcher que mes poulets ne deviennent ceux de la poule de quelqu'un autre (comme cela arrive trop souvent pour les inventions qui ont une valeur réelle). »

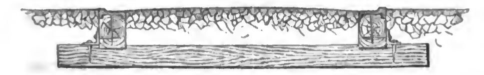


Fig. 15. — Tramway de G. F. Train à Birkenhead. — Échelle 1/2 8.

Aussi la première de ses lignes fut posée sur les routes macadamisées de Birkenhead et ouverte en août 1860, dans les cinq mois qui suivirent la demande d'autorisation. Elle est représentée dans les figures 15 et 16.

Les rails étaient en fer laminé, pesant environ 25 kilog. au mètre courant et placés à une distance de $1^{m},435$ l'un de l'autre. Ils avaient $0^{m},152$ de largeur et $0^{m},014$ d'épaisseur à la table, avec un bourrelet en saillie

(1) I. C. abréviation pour Ingénieur Civil.

(2) *L'Observateur*, 21 février 1858.

de 0,019 sur celle-ci et un filet de chaque côté à la partie inférieure. Ils reposaient sur des longuerines en bois de 0m,15 de largeur et de 0m,20



Fig. 16. — Tramway de G. F. Train à Birkenhead, Section du rail. — Échelle 1/2.

d'épaisseur, sur lesquelles ils étaient fixés avec de longues pointes; les longuerines elles-mêmes portaient sur des traverses, dans lesquelles elles pénétraient; elles y étaient pointées, et étaient munies, en outre, d'une équerre en fer de chaque côté.

D'une manière semblable, et avec la permission des autorités locales, de courtes lignes furent établies à Londres par M. Train et ses amis, en 1861; dans Bayswater Road, entre l'Arche de Marbre et la porte de Notting Hill, dans Westminster et dans Kennington Road. En 1863, M. Train construisit et ouvrit une ligne longue de 2,800 mètres, dans le district des Poteries, pour la compagnie du chemin de fer sur rue des Poteries de Staffordshire, entre Burslem et Hanley. Après une courte expérience des inconvénients du rail à gradin, les lignes que M. Train avait établies dans Londres furent enlevées; les tramways de Birkenhead et des Poteries n'échappèrent à la destruction que grâce au remplacement, fait en temps opportun, des rails à gradin par les rails plats à ornière. Dans les nouveaux rails, les ornières étaient suffisamment spacieuses pour permettre le libre jeu des boudins des roues, et en même temps elles étaient assez étroites pour empêcher les roues des voitures ordinaires d'y pénétrer.

Avec des rues et des routes relativement en bon état, avec des voitures de place et des omnibus d'un usage répandu, et dont un grand nombre était accessible à des taux raisonnables pour la circulation générale, le besoin des tramways était moins urgent en Angleterre qu'ailleurs. Les défenseurs des tramways, découragés par l'insuccès manifeste des premiers tramways, se retirèrent pendant un certain temps.

M. Beresford Hope dit : « J'ai été souvent ennuyé en société, à cause de cela, et je puis dire que la population en général regarde l'extension des tramways avec désapprobation et appréhension. »

En somme, le temps du tramway avec rail à gradin était passé. Quoique on l'ait toléré en Amérique, il était détesté en Angleterre; et c'est seulement après un intervalle de plusieurs années, — en 1865 et 1866, — que reprit le mouvement pour la construction des tramways.

Remarquons, cependant, que des rails plats, remédiant au vice du rail à gradin, ont été établis à Salford, en 1862, suivant le système de M. John Haworth. Ils se composaient de deux lignes parallèles de plaques de fer lisses, larges de 0m,15, épaisses de 0m,012 et d'un rail central à ornière, ressemblant comme section à un rail de pont renversé. Ces rails étaient posés et boulonnés sur des longuerines en bois et arasaient la surface du pavage. Tandis que les roues de la voiture roulaient librement sur les plaques, une petite roue conductrice, portant un boudin central, courait sur le rail intermédiaire. La roue conductrice était attachée au devant de l'omnibus ordinaire, et se levait ou s'abaissait à la volonté du conducteur. Ce système à triple rail, connu sous le nom de système « on-and-off » (littéralement dessus et dehors), fonctionna pendant près de huit ans; mais il était trop faible, en sorte qu'il se disloquait aux joints, et que les extrémités se soulevaient accidentellement et rendaient le passage dangereux pour les chevaux. En outre, il donnait prise au reproche du glissement pour ces derniers, et le tramway épisodique fut accidentellement démoli.

---

# CHAPITRE II.

## TRAMWAYS MODERNES DANS LE ROYAUME-UNI.

### Premier tramway de Liverpool.

En novembre 1865, un échantillon de tramway fut placé dans Castle Street, à Liverpool, avec le « rail en croissant » (*fig.* 17) imaginé par M. J. Noble et sur lequel on fondait de grandes espérances.

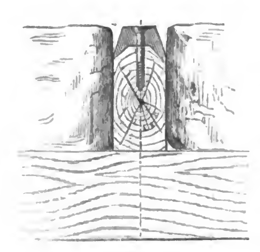


Fig. 17. — Rail en croissant de M. J. Noble. Échelle 1/8.

Le rail en croissant, qui était certainement assez plat et sans prétentions, avait été employé dans la construction de tramways aux États-Unis et, comme il était parfaitement de niveau avec le pavage, il était prôné par ses admirateurs comme donnant une solution complétement satisfaisante du problème du chemin de fer établi sur rue et ne créant pas d'obstacle. Les rails étaient placés et vissés sur des longuerines reposant sur des traverses. Une petite ornière, ou ouverture en forme de fente, était ménagée dans le pavage pour donner passage aux boudins des roues. Mais cette précaution, en vue du libre jeu des boudins, était insuffisante; et, en pratique, il était nécessaire d'employer des moyens spéciaux pour débarrasser l'ornière des matières qui l'obstruaient; sans quoi, la résistance eût souvent été excessive. En outre, les arêtes des pavés, n'étant pas protégées, étaient susceptibles de se briser. Le système de M. Noble fut finalement abandonné, quoiqu'il fit partie du projet original des tramways de Liverpool; mais le bout de ligne, établi comme modèle, rendit grand service en diminuant les appréhensions des gens timides

et faisant taire les dédaigneux. Il fut démoli après avoir été en service pendant quatre ans dans Castle Street. Le type du rail, finalement adopté pour Liverpool, comporte une surface plane horizontale avec une ornière étroite pour recevoir et guider les roues à boudin.

En 1866 et 1867, une requête fut adressée au Parlement à l'effet d'obtenir le droit de construire un système de tramways à Liverpool et un Acte fut obtenu en 1868. C'est le premier système anglais de tramways pour voyageurs qui ait été autorisé par Acte du Parlement. Les travaux furent exécutés par MM. Fisher et Parrish, de Philadelphie, sous la direction de M. Georges Hopkins, comme ingénieur en chef; ils furent commencés en mai 1869. La ligne sud, de la Bourse à Dingle, sur une longueur de 5,430 mètres, fut ouverte le 1er novembre 1869. La ligne nord, de Old Haymarket à Spillow Lane et Whitechapel Street, longue de 3,778 mètres, fut livrée le 1er septembre 1870, et la ligne sur la route d'Aigburth (qui a été démolie depuis) sur une longueur de 1,846 mètres s'ouvrit une année plus tard, le 1er septembre 1871. Ainsi la longueur totale autorisée, de tramways ou de rues traversées par des tramways, montait à 11 kilomètres et avait été construite en deux ans et trois mois. Le système actuel comprend environ 9,271 mètres, ainsi répartis :

| | |
|---|---|
| Ligne simple. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 3 867 mètres |
| Ligne double. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 5 404 — |
| Total. . . . . . . . . . . . . | 9 271 mètres |

Le système ressemble à une fenêtre rayonnante terminée par un cercle; ce cercle, dit intérieur, a une longueur d'environ 2 kilomètres; deux lignes s'en détachent. Le cercle extérieur est toujours exploité dans une seule direction et les voitures le quittent pour se diriger vers le nord.

La voie des tramways de Liverpool a été fixée à $1^m,435$; c'est la même que celle des railways du pays. Mais cette largeur n'a nullement été choisie en vue d'une communication possible avec les railways. Et effectivement, les wagons de railways ne peuvent circuler sur les rails ordinaires à ornière des tramways placés à la largeur de voie du railway. Cette dimension de $1^m,435$ a été introduite dans l'acte parce que, les promoteurs, quand ils s'adressèrent tout d'abord au Parlement, furent obligés de présenter leur demande comme s'il s'agissait d'un « railway », puisque le mot « tramway » ne se trouvait nulle part dans les règlements existants, et ils durent nécessairement accepter la seule largeur de voie autorisée pour les railways.

Les rails adoptés dans la construction primitive des tramways de Liverpool avaient une section plate avec ornière, analogue à celle qui

avait donné de bons résultats à Birkenhead, quoique plus étroite ; ils pesaient 20 kilog. environ au mètre courant, avaient 0m,025 d'épaisseur et une section transversale d'environ 0mq,0025 en surface. On employa dans la suite des rails avec une section semblable, mais plus grande, pesant 22k,500 au mètre courant, voir *fig*. 18. Le rail différait peu d'une barre plate, ayant à sa partie supérieure une ornière étroite et peu profonde, un filet à sa partie inférieure, et qui serait posée sur une longuerine. Le rail avait 0m,10 de largeur et 0m,035 d'épaisseur. L'ornière avait ses parois inclinées, une profondeur de 0m,018, une largeur de 0m,015 au fond et une ouverture double à la surface du rail. La table de roulement avait une largeur d'environ 0m,05, en sorte que son arête intérieure était au milieu du rail ; le filet de l'autre côté de l'ornière était large d'environ 0m,022 à la surface ; on l'avait strié transversalement pour empêcher le glissement des chevaux. Les rails reposaient sur des longuerines en bois, larges de 0m,10, épaisses de 0m,152. Ils étaient éclissés au moyen de plaques en fer de 0m,021, longues de 0m,30, larges de 0m,10, appliquées sous le joint et noyées dans la partie supérieure de la longuerine, comme le montre la *fig*. 20. Le joint était maintenu par quatre goujons verticaux, deux par chaque rail ; ils étaient enfoncés dans les longuerines en traversant le rail, au fond de l'ornière, et l'éclisse. Les rails étaient aussi fixés de distance en distance sur les longuerines. Les têtes des goujons étaient fraisées et pénétraient dans les rails de manière à affleurer le fond de l'ornière. La longuerine et le rail combinés ensemble présentaient généralement de chaque côté une surface verticale contre laquelle


Fig. 18. — Rail primitif de Liverpool. Échelle 1/2.

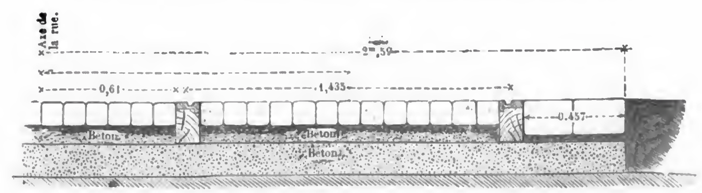


Fig. 19. — Premier tramway de Liverpool, section sur la demi-largeur. Échelle 1/24.

les pavés pouvaient être placés et étroitement serrés. La construction de la voie est indiquée dans la *fig*. 19, en section transversale.

Pour rendre la voie indépendante, comme point d'appui, de la plus

ou moins bonne nature du sol, la route avait été creusée sur toute sa largeur jusqu'à une profondeur de 0m,36 et dans le vide ainsi formé, on avait mis une couche de béton de 0m,18 d'épaisseur, servant de fondation, et sur laquelle les longuerines étaient placées. L'espace compris entre elles étaient également rempli de béton jusqu'à une hauteur convenable pour porter un pavage, avec pavés cubiques de 0m,10 de côté. Les longuerines reposaient et étaient pointées sur des coussinets de fonte, en forme d'U, distants de 1m,22 les uns des autres et portant directement sur la fondation en béton. La largeur de voie était maintenue fixe au moyen d'entretoises, en barres de fer de 0m,037 sur 0m,009, dont les extrémités, en queue d'aronde, pénétraient dans des rainures, venues de fonte dans les parois intérieures des coussinets. Ces derniers avaient 0m,152 de largeur aux joints des longuerines, et 0m,076 seulement dans les points intermédiaires. La route était à peu près tout entière en macadam ; les matériaux pour le béton provinrent de ce macadam, enlevé pour faire place à la ligne, et qui fut passé à la claie, nettoyé et mélangé avec de la chaux faite avec des calcaires bleus du lias ; la surface tout entière comprise entre les rails, et deux revers ou accotements de 0m,45 étaient pavés avec des pavés granitiques cubiques, de 0m,10 de côté pour les entre-rails et avec une queue de 0m,15 pour les revers. Ces derniers, larges de 0m,45, avaient été prévus dans l'acte parlementaire et définis comme les limites marginales de la largeur de route dont l'entretien était à la charge de la Compagnie des tramways. Cette largeur avait été et est encore aujourd'hui acceptée comme un compromis raisonnable ; et, dit M. J. Morris, « elle représente bien l'étendue du dommage possible que le tramway peut causer à la route ; elle est universellement acceptée sur le continent, presque universellement en Amérique ; c'est le type reconnu (1).

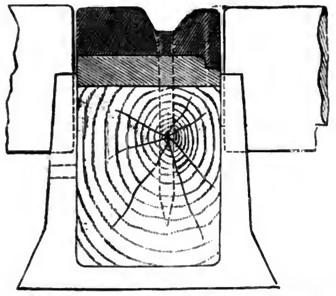


Fig. 20. — Premier tramway de Liverpool. Section du rail et de la longuerine, montrant le coussinet en fonte et l'éclisse. Échelle 1/4.

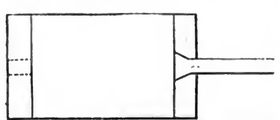


Fig. 21. — Premier tramway de Liverpool Coussinet en fonte pour les longuerines et entretoises. Échelle 1/4.

(1) *Rapport de la Commission spéciale pour le bill sur les tramways*, 1870.

TRAMWAYS AUTORISÉS ET OUVERTS AU PUBLIC, DANS LE ROYAUME-UNI, AU 30 JUIN 1876.

| DATES DES ACTES d'autorisation. | NOMS DES TRAMWAYS. | LONGUEUR DE ROUTE SUR LAQUELLE LE TRAMWAY EST AUTORISÉ. | | | LONGUEUR DE ROUTE SUR LAQUELLE LE TRAMWAY EST OUVERT AU PUBLIC. | | | CAPITAL dépensé. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ligne double. | Ligne simple. | Total. | Ligne double. | Ligne simple. | Total. | |
| | | mèt. | mèt. | mèt. | mèt. | mèt. | mèt. | francs |
| 1860 (par permission). | Birkenhead | » | » | » | » | » | » | » |
| 1863 (particulier) | Poteries de Staffordshire | » | 2 815 | 2 815 | » | 2 815 | 2 815 | » |
| 1868 | Liverpool | 5 411 | 5 632 | 11 043 | 5 411 | 3 861 | 9 272 | » |
| 1869-1870-1871 | Nord métropolitain | 48 280 | 804 | 49 084 | 48 280 | 804 | 49 084 | 17 115 800 |
| 1869-1870 | Londres | 32 588 | 8 046 | 40 634 | 32 588 | 8 046 | 40 634 | 10 368 075 |
| 1870 | Rues de Londres | 8 850 | » | 8 850 | 8 850 | » | 8 850 | 3 839 150 (déc. 1876) |
| 1870-1872-1875 | Rues de Glasgow (propriété de la corporation) | 36 872 | 1 850 | 38 722 | 24 380 | » | 24 380 | 5 262 500 |
| 1870 | Vallée de la Glyn | » | 17 902 | 17 902 | » | 12 260 | 12 260 | 411 625 |
| 1870-1874 | Plymouth, Stonehouse et Devonport | » | 3 278 | 3 278 | » | 3 278 | 3 278 | 899 550 |
| 1870 | Rues de Portsmouth | » | 3 600 | 3 600 | » | 3 600 | 3 600 | 312 500 |
| 1871 | Cardiff | » | 6 215 | 6 215 | » | 4 484 | 4 484 | 875 000 |
| 1871-1873 | Dublin | 33 190 | 2 915 | 36 105 | 24 150 | 2 352 | 26 502 | 5 895 675 |
| 1871 | Rues d'Edimbourg | 16 173 | 5 350 | 21 523 | 16 173 | 5 350 | 21 523 | 5 464 875 |
| 1871 | Rues de Greenock | 14 463 | 1 568 | 16 031 | 3 440 | 683 | 4 123 | 785 300 |
| 1871 | Lowestoft et Yarmouth | » | 3 218 | 3 218 | » | 3 218 | 3 218 | 750 000 |
| 1871 | Vallée de la Clyde | 6 497 | 160 | 6 657 | 6 054 | 603 | 6 657 | 2 952 850 |
| 1872 | District d'Aberdeen | » | 18 003 | 18 003 | » | 4 263 | 4 263 | 456 000 |
| 1872-1873-1875 | Rues de Belfast | 5 632 | 8 046 | 13 678 | 5 632 | 8 046 | 13 678 | 2 112 500 |
| 1872-1875 | Birmingham (propriété de la corporation) | 3 740 | 9 372 | 13 112 | 3 740 | 3 439 | 7 179 | 952 650 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1872 | Bristol (propriété de la corporation). | 80 | 2 594 | 2 674 | 683 | 1 991 | 2 674 | 329 125 |
| 1872 | Cork. | Pas de renseignements. | | | » | » | » | » |
| 1872 | Dundee. | Id. | | | » | » | » | 84 100 |
| 1872 | Hoylake et Birkenhead. | 1 085 | 3 057 | 4 142 | » | » | » | » |
| 1872-1875 | Rues de Hull. | » | 11 576 | 11 576 | » | 2 312 | 2 312 | 575 000 |
| 1872 | Leeds. | 8 850 | 8 950 | 17 800 | 8 850 | 8 950 | 17 800 | 3 885 700 |
| 1872 | District de Newcastle-sur-la-Tyne. | » | 3 559 | 3 559 | » | » | » | » |
| 1872 | Sheffield. | 16 093 | » | 16 093 | 7 643 | » | 7 643 | 958 100 |
| 1872-1876 | Southport. | » | 5 953 | 5 953 | » | 5 953 | 5 953 | 600 000 |
| 1872 | Stirling et Bridge of Allan. | 542 | 4 908 | 5 450 | » | 5 491 | 5 491 | 275 000 |
| 1872 | Rues de Southampton. | Pas de renseignements. | | | » | » | » | » |
| 1872 | Rues de Sutton. | » | 1 125 | 1 125 | » | » | » | » |
| 1873 | District de Bradfort. | » | 16 515 | 16 515 | » | » | » | 56 800 |
| 1873 | Dewsbury, Batley et Birstal. | » | 5 350 | 5 350 | » | 5 230 | 52 30 | 628 250 |
| 1873 | Kent. | » | 39 407 | 39 407 | » | » | » | » |
| 1873 | Leicester. | » | 7 140 | 7 140 | » | 7 140 | 7 140 | 1 062 325 |
| 1873-1875 | Middlesbrough et Stockton. | » | 8 710 | 8 710 | » | 3 660 | 3 660 | 438 575 |
| 1873 | District de Neath. | » | 6 557 | 6 557 | » | 6 557 | 6 557 | 934 500 |
| 1873 | Newport (Monmouth). | » | 4 243 | 4 243 | » | 2 252 | 2 252 | 259 750 |
| 1873 | District de Wrexham. | » | 10 198 | 10 198 | » | » | » | 211 075 |
| 1874 | Rues de Bray et Enniskerry. | » | 5 833 | 5 833 | » | » | » | » |
| 1874 | Swansea | » | 11 335 | 11 335 | » | » | » | » |
| 1874 | Wantage. | » | 3 218 | 3 218 | » | 3 218 | 3 218 | 249 250 |
| 1874 | Wirral. | » | 4 848 | 4 848 | » | » | » | 330 550 |
| 1875 | Bristol. | 2 272 | 7 020 | 9 292 | 1 670 | 2 050 | 3 720 | 983 200 |
| 1875 | Corporation de Manchester. | 5 350 | 3 660 | 9 010 | » | » | » | » |
| 1875 | Rues du nord de Dublin. | » | 8 005 | 8 005 | » | » | » | 238 475 |
| 1875 | Salford (Corporation). | 4 263 | 18 486 | 22 749 | » | » | » | » |

La largeur de 0m,45 est une quantité à la fois nécessaire et suffisante pour maintenir la stabilité de la ligne, quand elle est établie dans une rue non pavée ou macadamisée; elle donne aussi un bon appui aux pieds des chevaux de tramways quand ils traversent les rails. « Je me souviens », dit M. Hopkins, « que nos premiers Bills ne parlaient que de 0m,225 en dehors des rails, mais que le Comité porta cette quantité à 0m,45 (1).

Dans les points où les lignes étaient doubles à Liverpool, elles laissaient entre elles une distance libre de 1m,22 entre les rails, donnant ainsi une entrevoie « de quatre pieds » correspondant à celle « de six pieds » des railways.

Les pentes des lignes de tramways de Liverpool sont variées. Cette ville est très-accidentée ; la pente maximum est de 1 : 19 (0m,052 par mètre).

La pratique suivie à Liverpool a servi de règle pour les dispositions générales des tramways dans les autres parties du pays.

En 1869, la Compagnie des tramways Nord-Métropolitains fut autorisée à établir des lignes sur les routes de White-Chapel, Mile-End et Bow ; et, en 1870, on lui permit de s'étendre jusqu'à Aldgate à l'ouest, et à Stratford, Leytonstone et Bromley à l'est. En 1871, elle obtint en outre de créer des tramways dans le nord et l'est de Londres, ce qui constitue une longueur de 49 kilomètres autorisés pour cette Compagnie.

En 1869 aussi, des Actes furent passés pour la construction des lignes de Kennington, Brixton et Clapham, depuis Westminster Road, par la Compagnie métropolitaine des tramways sur rue; et des lignes de Pimlico à Greenwich, en passant par Wauxhall, par la Compagnie des tramways de Pimlico, Peckham et Greenwich. Par leurs Actes d'autorisation, ces deux Compagnies avaient le droit de construire et d'exploiter des tramways dans les principales voies métropolitaines du côté sud de la Tamise, c'est-à-dire sur environ 56 kilomètres de rues. Elles se fondirent ensemble, à la fin de 1870, sous le nom de Compagnie des tramways de Londres.

En 1870, la Compagnie des tramways sur rues de Londres fut autorisée à établir des lignes dans la partie nord de Londres, depuis Lower Holloway jusqu'à l'extrémité sud de Hampstead Road ; et depuis Kentish Town jusqu'à King's Cross.

Au commencement de 1873, on avait ouvert 67 kilomètres de tramways dans les rues de la métropole ; en 1876, cette longueur montait à

(1) *Rapport de la Commission spéciale pour le bill sur les tramways*, 1870.

98 kilomètres. Sous l'influence du développement rapide et des opérations heureuses des divers systèmes en exploitation, des Actes furent demandés et obtenus pour autoriser l'établissement de tramways dans un grand nombre de cités et villes de province.

| | | |
|---|---|---|
| En 1868 on passa un Acte pour | 1 | tramway. |
| 1869 on en passa pour | 3 | tramways. |
| 1870 — — | 7 | — |
| 1871 — — | 7 | — |
| 1872 — — | 16 | — |
| 1873 — — | 10 | — |
| 1874 — — | 6 | — |
| 1875 — — | 7 | — |

Ces derniers, et d'autres de date plus récente, sont indiqués dans le tableau ci-joint. On y a ajouté les longueurs des lignes simples et doubles, autorisées et ouvertes au public (1).

La longueur totale des rues traversées par des tramways, dans le Royaume-Uni, au 30 juin 1876, se composait comme il suit :

| | |
|---|---|
| Angleterre et Pays de Galles | 211 550 kilom. |
| Écosse | 66 080 — |
| Irlande | 40 160 — |
| Total | 317 790 kilom. |

(1) Extrait en partie du *Rapport sur les tramways.*

# CHAPITRE III

## TRAMWAYS DANS LA MÉTROPOLE. TRAMWAYS DE LEEDS

Des systèmes de tramways, semblables à ceux de Liverpool, furent adoptés dans la construction des premières portions de tramways, établies dans Londres, sous la direction de M. George Hopkins, comme ingénieur. — Ce sont, la majeure partie des tramways métropolitains nord, dont la première section, de White-Chapel, à Bow fut ouverte en mai 1870; et les tramways métropolitains sur rue (qui font maintenant partie du système de la Compagnie des tramways de Londres) sur 8 kilomètres 1/2 de long, depuis le pont de Westminster jusqu'à Brixton Church, Stockwell, Clapham Common et Brixton Hill, qui furent aussi ouverts en 1870. — Les rails avaient la forme et la section du rail de Liverpool, $0^m,10$ de largeur, et $0^m,035$ d'épaisseur; ils pesaient $22^k,500$ au mètre courant. Le système de construction, indiqué dans la figure 22, est semblable à celui de Liverpool. La chaussée, en pavé ou macadam, était enlevée sur une largeur suffisante pour une ligne double ou simple, suivant les cas, en y comprenant un espace, large de $0^m,60$, au delà des rails extérieurs, et sur une profondeur de $0^m,23$, correspondant à la queue des pavés ordinaires dans la métropole. Dans le sol ainsi mis à nu, on creusait des tranchées, profondes de $0^m,23$, larges de $0^m,40$; elles correspondaient à la position des rails et des longuerines qui les supportaient. Ces tranchées étaient remplies jusqu'au niveau du terrain naturel avec du béton, composé de

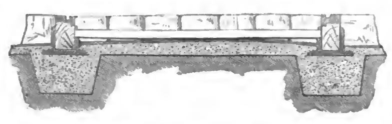


Fig. 22. — Tramway Nord métropolitain et Tramways de Londres. Premières lignes. Échelle 1/30.

ciment de Portland ou de chaux hydraulique et de gravier de rivière, et qui était destiné à former les fondations longitudinales des rails. Les longuerines, larges de 0m,10, épaisses de 0m,15, étaient placées dans des coussinets en forme d'U. Ces derniers, reliés par des entretoises en fer, terminées en queue d'aronde à leurs extrémités, maintenaient la largeur de la voie. Les rails étaient fixés sur les traverses au moyen de goujons à tête fraisée passant au fond de l'ornière ; le tout était mis de niveau au moyen de béton bourré sous les traverses. L'aire tout entière était alors remplie de béton, en dedans et en dehors des rails, jusqu'au niveau nécessaire pour former fondation pour les pavés ; et ces derniers étaient placés sur un lit de sable, jointoyés et battus.

Les entretoises à queue d'aronde se montrèrent peu utiles ; elles étaient exposées à se détériorer par la rouille, et manquaient de précision ; car, lorsque les queues d'arondes n'avaient pas été exactement ajustées, de manière à empêcher tout mouvement des coussinets en dedans ou en dehors, la liaison transversale ne suffisait pas pour maintenir les rails, quand l'appui que leur prêtait le pavage venait à être enlevé ou diminué. En outre, les entretoises placées entre les rangs de pavés sont une gène pour le pavage. Enfin, les barres, dont les queues sont placées dans des coulisses, comme celles que nous avons décrites, remontent graduellement vers la surface et finissent même par surmonter le niveau du pavage. En pareil cas, on les enlève, et c'est ce qu'il y a de mieux à faire.

De plus, le rail plat et son attache au moyen d'une chevillette verticale forment une combinaison défectueuse. Il est à peine nécessaire d'ajouter que la forme du rail plat conduisait au maximum de matière employée, et au minimum de force et de rigidité ; et en même temps que le chevillage vertical, quoique paraissant simple, et à première vue bien imaginé, manque de force, de durée et ne contribue presque pas à l'union du rail avec la longuerine. Le rail est exposé à se lever, particulièrement aux joints, et les goujons, avec leur tête fraisée plate et leur étroite surface pour résister aux efforts, sont susceptibles de céder et de s'user ; en conséquence, ils s'ébranlent graduellement, leurs têtes se soulèvent et sont brisées ou arrachées. En outre, ces têtes de goujons sont exposées à des avaries de la part des boudins des roues, qui s'usent comme le rail, portent sur le fond de l'ornière et crèvent le rail.

Partout où il y a mouvement vertical, il se forme nécessairement une entrée pour l'eau, et sous le passage des cars, il se produit une action analogue à celle d'une pompe ; l'eau de pluie tombe alternativement par les trous des goujons et les côtés des rails, et remonte à la surface, chargée de sable ou autres détritus. Les rails et les longuerines se

détériorent graduellement, les longuerines se déforment par suite des chocs, et l'instabilité verticale s'accroît d'autant.

Dans le but d'apporter une amélioration aux difficultés que présente le système d'attaches verticales et pour remplacer les queues d'aronde toujours fort délicates par un mode de liaison d'un caractère plus substantiel, M. Joseph Kincaid, comme ingénieur, employa des traverses dans la construction de la section de Pimlico, Peckham et Greenwich, dépendant des tramways de Londres et qui fut ouverte en août 1871. Ces traverses (*fig.* 23), furent placées dans le fond de l'excavation pour donner une augmentation de surface d'appui sur le sol, et recevoir les longuerines qui furent posées sur elles. Les traverses, qui étaient distantes de 1$^m$,50 à 1$^m$,80, donnaient ainsi un moyen effectif de maintenir les longuerines à la voie. Au lieu de liens travaillant à l'extension, comme les barres à queue d'aronde, on employa des équerres en fonte formant butées; il y en avait deux sur chaque traverse, et chacune d'elles était en dehors des longuerines sur lesquelles elles étaient fixées au moyen de goujons. Ces équerres étaient placées à la partie inférieure des longuerines, et s'étendaient sur les faces supérieures des traverses; elles donnaient ainsi une résistance directe, ou à peu près, aux efforts centrifuges. Par cette combinaison, la manière indirecte suivant laquelle la traverse résiste aux efforts latéraux susmentionnés, était largement compensée par la rigidité générale de la structure.

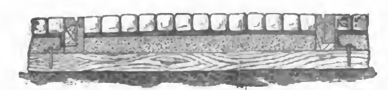


Fig. 23. — Tramways de Londres. Section de Pimlico. Peckham et Greenwich. Échelle 1/30.

On ajouta un nouveau filet à la partie inférieure du rail (*fig.* 24), et à l'extérieur; en sorte que celui-ci avait alors deux filets, un de chaque côté, et qu'il pouvait être maintenu en place sur la longuerine d'une manière bien plus sûre que lorsqu'il n'en avait qu'un seul. On avait jugé nécessaire, en ajoutant le filet intérieur, non-seulement de s'assurer les moyens de résister aux efforts latéraux que les voitures exercent par les boudins de leurs roues, mais encore il avait paru utile de combattre de la même manière l'action latérale des chocs que produisent les roues des voitures ordinaires en



Fig. 24. — Tramways de Londres. Section d'un rail. Échelle 1/2.

traversant obliquement la voie dans toutes les directions. De là l'addition du second filet du côté extérieur des rails. Les longuerines étaient soigneusement entaillées pour recevoir les rails qui étaient fixés sur elles, comme précédemment, au moyen de goujons verticaux passant au fond de l'ornière. L'adoption du double filet, quoique étant par le fait un retour à la pratique depuis longtemps suivie en Amérique, constituait un progrès intelligent dans la pratique anglaise pour le rail à ornière.

La surface porteuse ou table de roulement du rail était légèrement arrondie dans le sens transversal, avec une surélévation d'environ un millimètre 1/2, ce qui portait l'épaisseur à 0$^m$,036; quoiqu'il n'y ait pas de motif bien évident pour cet arrondissement. La largeur de l'ornière était plus considérable que par le passé, elle avait 0$^m$,035 à la surface; la surface du fond était circulaire; elle avait l'avantage de donner plus de force au rail, en remplaçant un contour plat par un rond, et de faciliter le nettoyage des détritus. L'évasement de la partie extérieure de l'ornière était en même temps un peu plus grand que dans le rail précédent. Le nouveau rail était large de 0$^m$,102, avait une surface transversale d'environ 25 centimètres carrés, et pesait 24 kilog. au mètre courant.

Pour faire les fondations, on enlevait la surface de la route, et on creusait le sol jusqu'à une profondeur de 0$^m$,30 à 0$^m$40 pour recevoir les traverses. On plaçait ensuite et fixait les longuerines avec leurs rails; puis on amenait le tout au niveau requis en bourrant du béton sous les traverses; enfin l'espace tout entier était rempli de béton de chaux jusqu'à la hauteur convenable pour recevoir le pavage en pierre ou en asphalte qui restait à poser; car, dans certaines parties, on employa l'asphalte pour pavage au lieu du granit. Pour l'asphalte, le béton devait monter plus haut que pour la pierre; car ce pavage n'avait que 0$^m$,037 à 0$^m$,05 d'épaisseur, tandis que les pavés de pierre avaient de 0$^m$,15 à 0$^m$,18 de queue; la dépense totale de construction était plus grande pour l'asphalte. On avait fondé de grandes espérances sur cette matière comme pavage pour les tramways. L'expérience n'a pas répondu à cette attente. Le pavage en asphalte se brise sur les bords contre le rail, aussi bien en dedans qu'en dehors; et, comme marche-pied pour les chevaux, quand les voitures partent, il a été un insuccès complet.

Après avoir démontré, dans le tramway de Peckham, que les traverses sont un élément utile dans une structure en bois, M. Kincaid les employa dans la construction de la première section des tramways de Leeds — ligne de Headingley — qui fut ouverte en octobre 1872. La voie avait une largeur de 1$^m$,435. Le sol était creusé jusqu'à une profondeur de 0$^m$,185 — la hauteur du rail plus celle de la longuerine — sur toute la

largeur de la voie, et des tranchées de 0m,23 de large étaient pratiquées dans le fond de l'excavation et remplies de béton jusqu'au niveau de ce fond, pour porter les longuerines. Les traverses, larges de 0m,15 et épaisses de 0m,10, étaient noyées dans le béton des tranchées transversales, à 0m,91 de distance les unes des autres; leur face supérieure était de niveau avec la surface du béton. On avait ainsi une fondation à un niveau uniforme pour les longuerines et les rails. Les longuerines, larges de 0m,10 et hautes de 0.15 étaient fixées sur les traverses au moyen d'équerres ou sabots en fonte, — un de chaque côté de la longuerine — pointés sur chacune des pièces de bois. Les rails, du poids de 24 kil. au mètre courant, étaient plats, à ornière, larges de 0,10, épais de 0m,032, avec deux filets de 0m,012 carrés à leur face inférieure et pénétrant dans les traverses. Ils étaient chevillés sur les longuerines à travers le fond de l'ornière. Un lit de cendres de fourneaux ou de détritus de briques était étendu au fond de la forme, sur une épaisseur de 0m,06 environ; il portait les pavés qui avaient 0m,13 de queue.

Dans ce système, on réalisait une économie de fouille aussi bien que de béton, en employant ce dernier uniquement pour porter les traverses. En interposant un lit de cendres uniformément étendu sur toute la surface, on avait en vue de faire porter le pavage également sur les traverses et la surface directement excavée.

---

# CHAPITRE IV

## TRAMWAYS DE LA CORPORATION DE GLASCOW.

---

Un Acte du Parlement, passé en 1870, autorisait la construction par une Compagnie particulière des « tramways sur rues de Glascow. »

Les pouvoirs conférés par l'Acte furent, la même année, transmis à la corporation de Glascow qui construisit en conséquence les tramways de cette ville.

En projetant le premier tramway, les ingénieurs, MM. Johnstone et Rankine, développèrent l'application des traverses pour augmenter la surface d'appui et la force. Ils adoptèrent une forme modifiée de l'ancien rail plat à ornière, combiné avec des longuerines, des traverses et du béton ou mastic bitumineux, et construisirent ainsi une ossature qui surpassait en force et solidité toutes celles qui avaient précédemment été établies pour des tramways. Le système de construction est représenté par la *fig.* 25. Il fut adopté pour le premier marché, passé en septembre 1871. La première portion de la ligne, exécutée en vertu de ce contact, avait 3,492 mètres de long; elle fut ouverte en août 1872. A la fin de l'année 1872, il y avait 14 kilomètres 1/2 terminés et livrés; et la totalité des tramways compris dans le premier marché, et qui dépassait 14,600 mètres, fut finie en juin 1873.

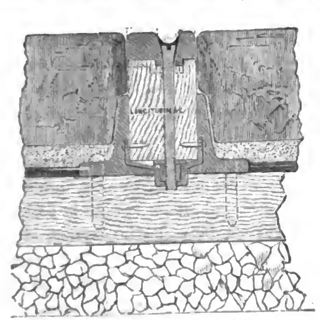


Fig. 25. — Tramways de la corporation de Glascow. Premier système. Échelle 1/8.

Pour ce qui concerne le rail, les filets latéraux, employés dans les autres rails faits à cette époque, furent remplacés par un filet unique et

large, situé à la partie inférieure, sous l'ornière. Ce filet pénétrait dans les longuerines; et, outre qu'il donnait la résistance latérale nécessaire dans les deux sens, il contribuait à renforcer le rail dans la partie faible de la section — sous l'ornière — en même temps qu'il fournissait une plus large surface d'appui aux têtes fraisées des boulons employés pour le fixer sur la longuerine.

Les longuerines reposent dans des coussinets en fonte à large semelle fixés, au moyen de goujons, sur des traverses de bois placées dans du béton.

Le boulon, portant une rainure sur sa tête, était vissé dans un écrou, avec rondelle à la partie inférieure de la longuerine, et on avait mis une agrafe pour empêcher l'écrou de tourner quand il fallait serrer le boulon. Mais cette agrafe fut abandonnée après la construction de la première section.

Les travaux compris dans cette entreprise se répartissent comme il suit, il y avait double voie partout, excepté sur 1,015 mètres, où la voie était simple.

| | | |
|---|---|---|
| Tramway n° 1, De Whiteinch (via Partick et Trongate) à Bridgeton. | 8 163 | mètres |
| — n° 2. De Great Western Road (via Sauchiehall street, Renfield street, Jamaica street) à Port Eglinton. | 5 712 | — |
| — n° 3. Jonction du 1er et 2e tramway. | 1 682 | — |
| Total. | 15 557 | mètres |

D'après l'Acte de 1870, l'espacement des rails devait être égal à la largeur de voie des railways, c'est-à-dire $1^m,435$. Mais un nouvel élément s'introduisit à la suite de l'Acte passé en 1871 pour les tramways de la vallée de la Clyde, Acte suivant lequel leurs lignes devaient être construites de manière à donner passage au matériel roulant des railways; il fut décidé ultérieurement que la corporation pourrait, si elle le jugeait convenable, construire les tramways de Glascow avec la même largeur de voie que ceux de la vallée de la Clyde, pour assurer l'uniformité de voie dans le district de Glascow. Il convenait donc que les autorités prissent leurs précautions à l'avance. Pendant qu'on dressait le contrat pour la première portion des tramways, en 1871, les ingénieurs réfléchirent que les lignes de la vallée de la Clyde et aussi celles de la corporation devant donner passage aux wagons de railways, il fallait, si les largeurs de voies devaient être uniformes, que la largeur des tramways fût moindre que la largeur type normale; car, chose étrange à première vue, la voie de $1^m,435$ des rails à ornière ne convient pas pour les wagons des railways. La raison en devient apparente, si l'on considère que l'ornière n'est pas assez large pour laisser passer les dos ou parties internes des bandages. Ces derniers ne sont jamais distants de moins

de 1$^{m}$,359; et cette largeur, qui est inférieure de 0$^{m}$,076 à la voie normale, équivaut à 0$^{m}$,038 de diminution sur chaque rail. Mais comme la largeur de l'ornière dans les tramways est généralement limitée à 0$^{m}$,028 ou au plus à 0$^{m}$,032, les boudins des wagons ne peuvent évidemment y entrer.

Une correspondance fut alors ouverte par MM. Johnstone et Rankine, en septembre 1871, en vue d'établir une largeur uniforme de voie, comme type pour tous les tramways en construction ou à construire, dans ou près Glascow; cette largeur devait être telle, qu'elle s'adaptât au transit des véhicules de railway, tout en étant la même pour tout le groupe. MM. Johnstone et Rankine proposaient de rétrécir la voie de 0$^{m}$,020 de manière à lui donner une largeur de 1$^{m}$,415, tout en conservant à l'ornière la largeur minimum de 0$^{m}$,032 adoptée par eux. En vertu de ce compromis, ils déplaceraient de dehors en dedans les côtés intérieurs des ornières des deux rails pour chaque ligne, de manière à les mettre à la distance de 1$^{m}$,415, moins deux fois 0$^{m}$,032, c'est-à-dire à la distance de 1$^{m}$,351. De cette manière, la ligne serait en état de recevoir les wagons de railway, avec un jeu latéral total de 0$^{m}$,006 entre les parties internes des bandages et les arêtes intérieures des ornières. Cependant, il était évident qu'une ornière de 0$^{m}$,032 ne serait que juste assez large pour recevoir les boudins des wagons de railway qui avaient la même largeur ou épaisseur, 0$^{m}$,032. Mais le coincement, qui se serait produit en conséquence, si les roues avaient dû rouler sur leurs tambours ou surfaces de roulement, disparaissait grâce au peu de profondeur de l'ornière du rail de Glascow, 0$^{m}$,018 seulement. Car il en résultait que les roues rouleraient sur leurs boudins; parce que ceux-ci ayant plus de 0$^{m}$,018 de hauteur, toucheraient le fond de l'ornière et par suite empêcheraient ces roues de pénétrer avant et de se coincer dans le rail.

M. Hopkins, en sa qualité d'ingénieur des tramways de la vallée de la Clyde, donna son assentiment à la proposition ayant pour but d'assurer l'uniformité de largeur de voie et recommanda dès l'abord une largeur de voie de 1$^{m}$,42. Afin de fixer le choix entre ces deux dimensions, MM. Johnstone et Rankine préparèrent et exécutèrent des essais pratiques sur une courte ligne de tramway, établie à la largeur de 1$^{m}$,415, avec des rails des tramways de Glascow et aux frais de la Corporation, entre la station de Glascow et le South-Western-Railway. M. Hopkins et d'autres personnes assistaient aux essais qui eurent lieu le 24 octobre 1871. Les wagons de railway passèrent sur la portion de tramway, d'une manière tout à fait satisfaisante; et les résultats des épreuves, conduisirent à adopter, d'un commun accord, une largeur de voie de 1$^{m}$,415 pour tous les tramways du district de Glascow. La largeur totale du

tramway, pour une ligne double, s'élevait à 5$^m$,14, se décomposant comme il suit :

| | |
|---|---|
| 2 largeurs de voie de 1$^m$,415 l'une | 2$^m$,830 |
| Entrevoie | 1 ,205 |
| 4 largeurs de surface de roulement des rails à 0,047 l'une | 0 ,188 |
| 2 accotements en pavage de 0,457 l'un | 0 ,914 |
| Total en nombre rond | 5$^m$,14 |

Pour une seule ligne, la largeur totale est de 2$^m$,43.

La fouille, pour les tramways, se faisait sur toute la largeur nécessaire et à une profondeur de 0$^m$,41 au-dessous de la surface de la rue. On étendait sur tout le fond de l'excavation un lit de béton bitumeux de 0$^m$,10 d'épaisseur. Le béton se composait de scories fraîchement sorties des fourneaux, bien sèches et brisées à l'anneau de 0$^m$,05 et de bitume anglais fait avec du brai de coaltar pur. Le bitume devait être employé bouillant et mélangé dans la proportion de 500 kil. par mètre cube de scories. Les traverses étaient posées sur ce lit de béton, et, après que les longuerines et les rails avaient été bien placés et ajustés, les espaces entre les traverses étaient remplis avec du béton de la même composition jusqu'au niveau de la face supérieure de ces traverses. On coulait par-dessus une couche de bitume de 0$^m$,012 d'épaisseur. On bourrait également du béton sous les longuerines, dans les intervalles entre les coussinets.

Les rails, *fig.* 25, pesaient 30 kil. au mètre courant; ils avaient 0$^m$,10 de large et 0$^m$,04 d'épaisseur à la table de roulement. Celle-ci avait 0$^m$,047 de largeur; l'ornière était large de 0$^m$,032, profonde de 0$^m$,018 et de forme demi-circulaire au fond; la paroi intérieure avait 0$^m$,022 d'épaisseur et portait des stries à sa surface supérieure. La surface de roulement avait transversalement un profil légèrement arrondi; le filet de la partie inférieure avait 0$^m$,009 de hauteur et portait ainsi l'épaisseur totale du rail à 0$^m$,051; les rails étaient laminés en longueurs de 7$^m$,30; sur la quantité totale, il n'y en avait que 5 p. 100 en longueurs plus courtes, mais pas moindres de 4$^m$,27. Les trous de boulons dans les ornières avaient un diamètre de 0$^m$,015; ils étaient fraisés de manière à avoir une largeur de 0$^m$,025 à la tête. Les rails devaient être faits de paquets de barres de fer de mine puddlé, de manière à donner une table de roulement granulaire bien dure et à présenter à la partie inférieure un fer fibreux et résistant. Ils étaient boulonnés sur les traverses au moyen de boulons de 0$^m$,015, et il y en avait huit par chaque longueur de 7$^m$,30.

Une partie des aiguilles et des croisements devaient être en fonte de 0$^m$,051 d'épaisseur, les autres en fer forgé de 0$^m$,037 d'épaisseur, striés à la surface. Les coussinets sont en fonte.

Des éclisses, épaisses de 0m,009 et longues de 0m,305 étaient placées sous les extrémités des rails.

Les longuerines sont en chêne blanc d'Amérique; elles ont 0m,10 de largeur et 0m,15 de hauteur; elles sont fixées aux coussinets au moyen de chevilles en chêne de 0m,015. Les traverses sont en bois du nord; elles ont 0m,10 d'épaisseur, 0m,178 de largeur aux joints des longuerines et 0m,15 seulement dans les points intermédiaires. Tout le bois avait été créosoté à raison de 130 kil. de créosote par mètre cube.

Les espaces entre les rails, ainsi que deux accotements extérieurs de 0m,457 de chaque côté de la voie, devaient être pavés avec du granit provenant des carrières de Furness ou Bonawe. Les pavés devaient avoir de 0m,10 à 0m,18 de queue, suivant les besoins, et être posés sur une couche de sable épaisse de 0m,025 à 0m,037, répandue sur le bitume. Sur une largeur de 0m,075 de chaque côté de chacun des rails, les joints devaient être remplis de bitume; ailleurs, on les garnissait d'un coulis de mortier. La surface du pavage était disposée avec une pente transversale de 0m,01 par mètre à partir de l'axe.

L'usage du bitume pour les joints fut abandonné quand l'expérience eut montré qu'il coulait et s'étendait au delà de la largeur indiquée et sous les pavés; cette idée ne put être mise à exécution avec profit.

L'entrepreneur devait entretenir tout le travail pendant six mois après son achèvement et remplacer les rails qui viendraient à manquer dans l'espace de douze mois. Il pouvait, après les avoir retaillés, employer à nouveau les pavés qu'on avait dû remanier, en tant qu'ils étaient encore convenables pour le travail.

La dépense totale de construction des tramways, pour la première entreprise s'établit comme il suit :

TRAMWAYS DE LA CORPORATION DE GLASCOW.

*Dépense.*

| 1872-1873. | LONGUEUR de ligne simple. | DÉPENSE totale. | DÉPENSE par mètre courant. | DÉPENSE par kilomètre. | CHARGE d'entretien pendant six mois. |
|---|---|---|---|---|---|
| | mèt. | fr. | fr. | fr. | fr. |
| N° 1. 1re partie. . . . . | 7 572 | 696 250 | 91,95 | 91 950 | 750 |
| 2e — . . . . . | 5 747 | 403 600 | 70,22 | 70 220 | 2 500 |
| 3e — . . . . . | 2 670 | 156 450 | 58,59 | 58 590 | 500 |
| N° 1. . . . . . . . . . . | 15 989 | 1 256 300 | 78,57 | 78 570 | 3 750 |
| N° 2. . . . . . . . . . . | 11 414 | 770 875 | 67,53 | 67 530 | 500 |
| N° 3. . . . . . . . . . . | 2 926 | 186 050 | 63,58 | 63 580 | 250 |
| Totaux. . . . . . . | 30 329 | 2 213 225 | 72,97 | 72 970 | 4 500 |

Les variations de la dépense par mètre et par kilomètre, pour les différentes parties, proviennent principalement des frais de pavage. Dans la première partie du tramway n° 1, la route est macadamisée et le tramway dut être établi avec un pavage entièrement neuf; tandis que, pour le troisième, la chaussée était pavée et les matériaux anciens furent retaillés et employés pour le tramway. Dans d'autres parties, la route était, portion en macadam et portion en pavage. Les frais de pavage compris dans les dépenses ci-dessus se répartissent respectivement de la manière suivante :

TRAMWAY DE LA CORPORATION DE GLASCOW.

*Dépenses de pavage.*

| 1872-1873 | DÉPENSE de pavage. | DÉPENSE par mètre courant pour une seule ligne. | DÉPENSE par kilomètre pour une seule ligne. |
|---|---|---|---|
| | fr. | fr. | fr. |
| N° 1. 1re partie | 309 250 | 40,84 | 40 840 |
| — 2e — | 104 875 | 18,24 | 18 240 |
| — 3e — | 25 250 | 9,45 | 9 450 |
| N° 1 | 439 375 | 27,48 | 27 480 |
| N° 2 | 211 900 | 18,60 | 18 600 |
| N° 3 | 42 425 | 14,50 | 14 500 |
| Dépense totale de pavage | 693 700 | 22,87 | 22 870 |
| — pour le tramway proprement dit. | 1 519 525 | 50,10 | 50 100 |
| Dépense totale | 2 213 225 | 72,97 | 72 970 |

Au moyen de ces données, on voit facilement que la dépense moyenne de construction du kilomètre de double voie était :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pour le tramway proprement dit | 100 963 | fr. par kil., ou | 69 p. 100 |
| Pour le pavage | 46 115 | — | 31 — |
| En tout | 147 078 | — | 100 p. 100 |

1872-1873. — *Bordereau des prix de la première entreprise.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Enlèvement et fouille du macadam | pour une ligne double | 9f,60 | par m. c. |
| — | pour une ligne simple | 4,78 | — |
| Relevé de la chaussée, fouille et enlèvement de la forme | pour une ligne double | 6,86 | — |
| | pour une ligne simple | 3,46 | — |
| Fourniture, pose et parachèvement du béton bitumeux sous les traverses | pour une ligne double | 19,45 | — |
| | pour une ligne simple | 9,12 | — |
| Fourniture, pose et parachèvement du béton bitumeux sur la couche précédente jusqu'à 0,037 en dessous des pavés de 0m,15 de queue; ou jusqu'à 0m,025 ou 0m,037 en dessous des pavés de 0m,178 de queue | pour une ligne double | 19,45 | — |
| | pour une ligne simple | 9,12 | — |

| | | |
|---|---|---|
| Rails, tout posés. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 236 ,25 | les 1000 kil. |
| Coussinets. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 112 ,50 | — |
| Boulons et écrous. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 412 ,50 | — |
| Éclisses. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 256 ,25 | — |
| Rondelles. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 300 ,00 | — |
| Goujons ou tirefonds. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 240 ,00 | — |
| Aiguilles et croisements en fonte, tout posés. . . . . . . . . . . . . . | 187 ,50 | — |
| Aiguilles et croisements en fer forgé, tout posés. . . . . . . . . . . . | 450 ,00 | — |
| Traverses créosotées et posées. Traverses de joint. . . . . . . . . . . | 3 ,75 | l'une |
| — — intermédiaires. . . . . . . . | 3 ,10 | — |
| Longuerines créosotées et posées. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 3 ,25 | par m. c. |
| — non créosotées. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 3 ,00 | — |
| Indemnité pour plus grande largeur des longuerines aux aiguilles et croisements . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 3 ,75 | par système |
| Chevilles en chêne, de 0m,14 de long et de 0m,015 de diamètre. . . . | 25 ,00 | le mille |
| Remplissage des boulons, trous de tirefonds et trous de chevilles avec du brai d'Archangel. Voie simple. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0 ,004 | par m. c. |
| Fourniture et pose du sable sur une épaisseur de 0m,037 sous les pavés. . . . . . . pour une ligne double. . | 1 ,00 | par m. c |
| pour une ligne simple. . | 0 ,50 | — |
| Fourniture et pose des pavés, joints en bitume et mortier. Pavés de 0m,10 de queue ; pavés neufs. . . . . . . . . . . . . . . . . . pour une ligne double. . | 60 ,00 | — |
| pour une ligne simple. . | 30 ,00 | — |
| Pavés neufs de 0,15. . . . . . . . . . . . . . pour une ligne double. . | 81 ,05 | — |
| pour une ligne simple. . | 40 ,50 | — |

Les larges précautions prises en vue de la solidité et dont témoigne la construction dans les entreprises des tramways de Glascow, furent continuées dans les entreprises suivantes, dont les dispositions sont représentées *pl.* II et seront décrites tout au long.

# CHAPITRE V.

SYSTÈME D'ATTACHE DE LARSEN. TRAMWAYS SUR RUES DE LONDRES.

## Tramways de Belfast.

On n'avait pas encore trouvé de moyen pour attacher le rail à la longuerine qui fût exempt des inconvénients des tire-fonds verticaux, — méthode dont la barbarie n'avait d'égal que la simplicité. M. Jorgen Daniel Larsen combla cette lacune en remplaçant les goujons verticaux par des agrafes latérales. Son système, pour lequel il prit un brevet en Février 1871, est représenté par la *fig.* 26.

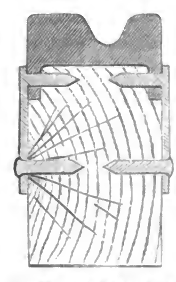


Fig. 26. — Agrafe latérale de M. J. D. Larsen. Éch. 1/4.

« La partie verticale ou supérieure du rail qu'il s'agit de fixer sur une longuerine, dit-il, est disposée de manière à se prolonger à la manière d'un boudin en-dessous de la surface supérieure de la longuerine et sur l'un ou sur les deux côtés de cette longuerine. Dans chaque boudin ou rebord est ménagée une ouverture qui sera à une petite distance de la face supérieure de la longuerine, quand le rail sera placé sur celle-ci. Pour fixer le rail sur la longuerine, on introduit, dans le trou pratiqué dans le rebord, une pièce de métal courbée, ou demi-crampon, qu'on entasse à fond et qui est aussi fixée elle-même sur la paroi verticale de la longuerine. Cette pièce de métal, agrafe ou demi-crampon, qu'on introduit dans le trou, peut avoir différentes formes; on peut la faire assez longue pour qu'elle traverse le bois de part en part et pénètre dans une ouverture correspondante ménagée dans l'autre paroi verticale du rail prolongée par un rebord. La pièce de métal peut avoir une forme telle qu'elle passe en même temps dans une ou plusieurs ouvertures dans le même rebord. »

Dans le rail de Larsen, on a combiné deux avantages importants. Les rebords lui donnent, en réalité, une plus grande épaisseur et une plus grande rigidité dans le sens vertical et latéral; et les agrafes placées qu'elles sont sur les côtés, non-seulement sont à l'abri de l'atteinte des roues, mais encore sont disposées de manière à donner plus de force à la liaison du rail avec la longuerine; car il est évident que la large base d'attache, que fournissent les rebords latéraux, donne un moment de résistance aux efforts latéraux deux fois aussi considérable que celui qui résulte d'un tire-fond vertical placé au centre. Il y a encore un autre avantage : c'est que, grâce aux rebords ou oreillettes, la longuerine peut être embrassée par le rail à rebords d'une manière bien plus solide que cela n'a lieu pour le rail à filet peu saillant.

Qoique la force du rail de Larsen fût incidemment augmentée par l'addition des rebords, il ne semble pas que son auteur se soit préoccupé d'une manière particulière d'accroître la résistance verticale; car les rebords n'ont qu'une largeur de 0$^m$,025 juste suffisante pour donner place aux agrafes. Au point de vue de la force transversale absolue, le rail de Larsen avait été devancé par celui de Livesey, breveté en 1839, qui sera décrit dans le chapitre IX sur les voies métalliques, et qui porte de chaque côté un rebord d'une grande largeur. On doit néanmoins attribuer à M. Larsen le mérite d'avoir introduit, dans la pratique en Angleterre, le rail à rebords, aussi bien que la méthode des agrafes latérales.

Dans la construction des tramways sur rues de Londres, pour le compte de M. Larsen, et dont la première section a été ouverte en Novembre 1871, il projeta et appliqua pour la première fois les agrafes latérales pour rails de tramways, sur les résultats desquelles s'appuyait son brevet. Dans ce travail, son premier essai, les rails avaient 0$^m$,10 de largeur et pesaient 30 kil. au mètre courant. Ils avaient un double rebord et étaient fixés sur des longuerines, de 0$^m$,15 d'épaisseur au moyen d'agrafes latérales composées de trois pièces : un lien à deux trous long de 0$^m$,082, large de 0$^m$,015, épais de 0$^m$,010 et deux goujons enfoncés horizontalement dans la longuerine; ils passaient dans les trous ménagés à chaque extrémité du lien; le goujon supérieur traversait aussi le trou pratiqué dans le rebord du rail. La fouille pour la fondation était poussée jusqu'à 0$^m$,10 en dessous de la face inférieure des longuerines et sur toute la largeur de la voie. Un lit horizontal de béton de 0$^m$,10 d'épaisseur était placé au fond et les longuerines reposaient directement sur lui. Les pièces de bois étaient placées dans des coussinets aux endroits des aiguilles, et la voie était maintenue à sa largeur au

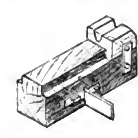


Fig. 27. Attache de Larsen pour les tramways sur rues de Londres.

moyen de barres en fer plat, placées de distance en distances; leurs extrémités étaient fendues, recourbées dans les deux sens et fixées aux longuerines au moyen de boulons et de goujons, comme le montre la *fig.* 27. Une couche de sable ou de gravier de 0m,05 était répandue sur la surface du béton et servait de lit de pose au pavage, qui était mis en place et jointoyé à la manière ordinaire.

Dans ce travail, où il employait pour la première fois ses agrafes latérales, M. Larsen avait remplacé le tire-fond vertical unique, par trois pièces. Se rendant bien compte du désavantage de multiplier le nombre des pièces dans une attache, il les réduisit, dans son brevet, au nombre de deux, comme on l'a déjà indiqué; et dans son travail immédiatement consécutif, celui des tramways de Belfast, il employa l'agrafe en deux pièces, décrite au brevet. Les travaux de ces tramways furent entrepris au commencement de 1872, et la première section fut ouverte dans l'automne de la même année.

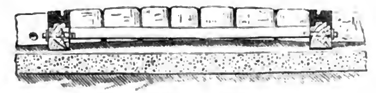


Fig. 28. Tramways sur rues de Londres. Échelle 1/30.

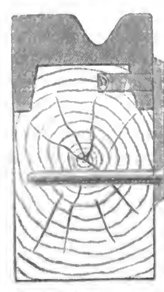


Fig. 29. Tramways de Belfast. Section du rail avec l'agrafe de Larsen. Éch. 1/4.

La *fig.* 29 fait comprendre la construction des tramways de Belfast. Ils se composent de longuerines, reposant sur des traverses noyées dans du béton. Les rails sont portés par les longuerines. La voie à 1m,60 de large et l'entre-voie d'une ligne double 1m,22. La largeur des accotements pavés est de 0m,61, la surface de roulement des rails est large de 0m,047; et la largeur totale du tramways pour une ligne double se décompose comme il suit :

TRAMWAYS DE BELFAST.

| | |
|---|---|
| Deux lignes de 1m,60 chacune | 3m,20 |
| Entre-voie | 1 ,22 |
| Deux accotements de 0,61 chacun | 1 ,22 |
| Quatre surfaces de roulement de 0,047 l'une | 0 ,188 |
| En nombre rond 5m,85 | 5m,848 |

Le sol était creusé à une profondeur uniforme de 0m,20 en dessous de la surface permanente et sur toute l'étendue de la ligne, double ou simple. Des traverses en bois, épaisses de 0m,10, larges de 0m,15 et longues de 2m,13 étaient placées dans le fond de l'excavation, à distance de

1^m,52 d'axe en axe. Sur elles, reposaient des longuerines, larges de 0^m,097, épaisses de 0^m,15, maintenues par des équerres en fonte, pesant un peu plus de 2 kil. chacune. Il n'y en avait qu'une à chaque croisement des pièces ; elles étaient placées alternativement en dedans et en dehors de la longuerine, qui était fixée elle-même sur chaque équerre au moyen de quatre tire-fonds.

Les rails pèsent environ 31 kil. au mètre courant ; ils sont larges de 0^m,097, épais de 0^m,037 ; les rebords latéraux sont hauts de 0^m,032 épais de 0^m,011 au sommet, ce qui porte l'épaisseur totale du rail à 0^m,069. La table de roulement est large de 0^m,037 ; l'ornière a 0^m,028 de large et 0^m,022 de profondeur ; son bord extérieur a 0^m,022 d'épaisseur au sommet. L'agrafe latérale du rail avec la longuerine est formée de deux pièces : une plaque de fer épaisse de 0^m,006, ayant un goujon soudé à sa partie supérieure et qui passe au travers du rebord du rail ; et près de son extrémité inférieure, un trou au travers duquel on lance un fort goujon traversant presque toute la longuerine. Les agrafes étaient appliquées alternativement de côté et d'autre des rails, et à intervalles très-rapprochés.

Quand les longuerines et les rails avaient été soigneusement ajustés et fixés sur les traverses, l'espace entre ces dernières et toute l'aire au-dessus, de chaque côté des longuerines, était solidement remplis de béton sur une hauteur totale d'environ 0^m,18 au-dessus du fond de l'excavation. On établissait par dessus le pavage, qui se composait de pavés cubiques de granit de 0^m,10 de côté, avec un lit de sable de 0^m,012 d'épaisseur.

# CHAPITRE VI

## TRAMWAYS DE DUBLIN.

La supériorité du rail de Larsen — en tant que rail à attaches latérales — sur les rails à attaches par tire-fonds verticaux était bien établie par l'expérience acquise de ses qualités dans les tramways sur rues de Londres; bien que dans ces derniers, comme dans les tramways de Belfast construits ensuite, le système par attaches latérales n'ait été qu'imparfaitement développé. M. Hopkins le perfectionna, en remplaçant l'agrafe en deux ou trois pièces, par un crampon solide d'un seul morceau; il l'employa dans la construction des tramways de Dublin dont il était l'ingénieur, et dont les travaux furent commencés en Octobre 1871. Le projet du tramway était très-simple : quatre rails portés sur quatre longuerines fixées dans quatre tranchées longitudinales remplies de béton; il était semblable au premier système adopté par M. Hopkins, pour les tramways de Londres.

Le rail, représenté dans la figure 30, pèse 26k,500 au mètre courant; il est large de 0m,10; mais, quoique plus mince que les rails à ornière d'origine plus ancienne, il est plus haut et présente évidemment une meilleure distribution de la matière que dans ceux-ci; meilleure même que dans le rail de Belfast, qui était de construction plus récente et avait été projeté par M. Larsen. La table de roulement du rail de Dublin a 0m,051 de largeur; l'ornière est large de 0m,028 et profonde de 0m,017 avec un fond plat; son rebord a 0m,022 d'épaisseur à la surface. Les rails étaient fixés sur des longuerines de sapin, larges de 0m,10, hautes de 0m,15, en longueurs de 5m,50 à 7m,62, et entaillées pour les recevoir. Les rails étaient vigoureusement serrés et solidement fixés au moyen de serre-joints. Dans cette position, ils étaient attachés aux longuerines au moyen de crampons d'un seul morceau, en fer rond de 0m,012, dont les bouts inférieurs étaient barbelés.

Une section du rail et de la longuerine, ainsi attachés ensemble, est donnée dans la *fig.* 30. Les crampons étaient appliqués à des intervalles de 0m,91, et alternativement de chaque côté de chaque rail; il y en avait

en outre un de chaque côté du rail à une distance d'environ 0m,10 de chacune de ses extrémités.



Fig. 30. — Tramways de Dublin. Section du rail et du coussinet, montrant le crampon d'attache. Echelle 1/1.

Dans les courbes de la ligne, quand elles n'étaient pas fortes, les longuerines étaient, dans quelques cas, sciées à moitié bois de distance en distance et du côté extérieur; on chassait des coins dans les sections jusqu'à ce que la longuerine prît la courbure demandée. Dans les courbes de faible rayon, les longuerines étaient débitées en petites longueurs suivant la courbure exigée. Les bouts des rails étaient assujettis au moyen de plaques de fer forgé, longues de 0m,178, épaisses de 0m,007 et larges de 0m,063, noyées dans la longuerine. Le but qu'on cherchait, en appliquant ces plaques, était de maintenir les extrémités des rails au même niveau.

Nous donnons, dans la *fig.* 31, une coupe générale des deux lignes pour une double voie. Les rails de chaque ligne sont placés avec un écartement de voie de 1m,60, qui est la voie normale des railways d'Irlande, quoique les wagons de railway ne puissent circuler sur le tramway. Il y a une entre-voie de 1m,22 et les deux accotements pavés, avec

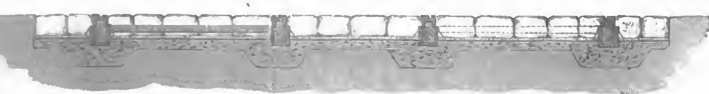


Fig. 31. — Tramways de Dublin. Coupe de la double voie. Échelle 1/48.

la largeur ordinaire de 0m,457 en dehors des rails extérieurs. L'arête de l'ornière qui travaille est au milieu de la largeur du rail ou à 0m,050 de chaque arête; la largeur totale de route occupée par une double ligne de tramway, se compose comme il suit :

TRAMWAYS DE DUBLIN.

| | |
|---|---|
| 2 lignes de 1m,60 chacune | 3m,20 |
| Entre-voie | 1 ,22 |
| 4 demi-largeurs de rails | 0 ,20 |
| 2 accotements pavés extérieurs | 0 ,91 |
| Total | 5m,53 |

et donne une étendue totale de 5m,53.

On pratiquait, suivant l'axe des rails, quatre tranchées larges d'environ 0m,61 jusqu'à une profondeur d'environ 0m,46 en dessous du niveau de la route, et la surface intermédiaire était creusée sur une profondeur de 0m,28. L'espace ainsi fouillé était rempli de béton jusqu'à 0m,185 en-

viron en contre-bas de la surface; ce béton formait un lit de niveau pour les longuerines. Il était fait avec de la chaux de calcaire bleu du lias, ou du ciment de Portland. Les extrémités des longuerines étaient placées dans des coussinets en fonte, comme ceux de la ligne de Liverpool page 17, qui les serraient étroitement; elles étaient fixées sur ces derniers et en dehors, au moyen de deux pointes, une sur chaque extrémité. Les parois des coussinets du côté de l'intérieur de la voie portaient des rainures en queue d'aronde pour recevoir les extrémités d'une entretoise. Des entretoises intermédiaires en fer plat étaient placées à des distances d'environ 2$^{m}$,13: elles étaient fendues à leurs extrémités de manière à former deux équerres, l'une à droite l'autre à gauche, suivant la manière indiquée dans la *fig.* 27, p. 35; c'est par là qu'elles étaient clouées ou boulonnées sur les longuerines. Une couche de sable de 0$^{m}$,25 d'épaisseur était répandue sur le béton pour recevoir le pavage, qui était fait en pavés de 0$^{m}$,15 de queue. Les joints transversaux, larges de 0,025, étaient remplis de petit gravier ou de galet introduit de force entre les joints; après quoi le pavage était battu avec les dames ordinaires.

Le tableau suivant donne les quantités de matériaux, avec la dépense approximative pour 1 kilomètre de voie double.

TRAMWAYS DE DUBLIN. QUANTITÉS ET DÉPENSES APPROXIMATIVES POUR 1 KILOMÈTRE DE VOIE DOUBLE. 1871-1872.

(*En nombres ronds.*)

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Excavation | 1 660 m. cub. | à | 3$^{f}$,27 | le m. c. | 5 438 |
| Béton | 664 — | à | 9 ,82 | — | 6 525 |
| Sable et gravier | 248 tonnes | à | 3 ,75 | l'une | 930 |
| Longuerines | 47$^{mc}$,72 | à | 109 ,25 | le m. c. | 6 781 |
| Rails en fer laminé | 118 tonnes | à | 300 ,00 | | 35 400 |
| Coussinets en fonte | 5 282 kil. | à | 200 ,00 | les 1000 kil. | 1 056 |
| Pointes | 310 — | à | 600 ,00 | — | 181 |
| Plaques de joints | 375 — | à | 250 ,00 | — | 94 |
| Crampons | 1 370 — | à | 650 ,00 | — | 890 |
| Entretoises | 6 850 — | à | 400 ,00 | — | 2 740 |
| Pose des rails (ligne simple) | 2 000 mèt. | à | 1 ,37 | le m. c. | 2 740 |
| Dépense pour la voie | | | | | 62 775 |
| Pavage, 5 180 mètres carrés à 8$^{f}$,30 | | | | | 42 994 |
| Enlèvement des débris | | | | | 780 |
| Surveillance et éclairage | | | | | 1 875 |
| Direction et faux frais | | | | | 2 345 |
| Dépense totale approximative par kilomètre de voie double | | | | | 110 769 |
| — par kilomètre de voie simple | | | | | 55 500 |

La première partie des lignes fut ouverte entre Saint-Stephen's Green et Rathgar, sur une longueur de 3 600 mètres, le 1$^{er}$ Février 1872. Les tramways furent complétement livrés au commencement de 1874: ils comprenaient une longueur de 25 744 mètres.

# CHAPITRE VII

## TRAMWAYS DE LA VALLÉE DE LA CLYDE.

L'Acte pour les tramways de la vallée de la Clyde fut passé en 1871. Ils se composaient de deux sections, depuis Park House Toll à Glascow, jusqu'à Paisley, Johnstone et Govan; et depuis Port-Glascow jusqu'à Greenock et Gourock. Comme on l'a indiqué plus haut, la ligne de la vallée de la Clyde, entre Glascow et Govan, devait, aux termes de l'Acte, être construite de manière à permettre aux véhicules de chemin de fer d'y circuler; et, par le fait, elle devait conduire les wagons sous charge depuis la station du railway de Govan jusqu'aux chantiers de construction de navires sur la route. Elle fut établie avec la largeur de voie de $1^m,415$, qui avait été adoptée d'un accord unanime pour les tramways du district de Glascow, comme on l'a déjà mentionné page 28, et qui avait été appliquée aux tramways de la Corporation de Glascow.

La première partie de la section supérieure des tramways de la vallée de la Clyde, — depuis Park House Toll à Glascow jusqu'à Govan, — a été construite par la Corporation de Glascow, sous la direction de M. Hopkins, comme ingénieur. Les travaux furent commencés en Juillet 1872 et la ligne ouverte au trafic le 16 Décembre 1872. Une partie de la section inférieure, entre Greenock et Gourock, longue de 2 500 mètres, a été livrée en Juin 1873. Le reste de cette section, sur une longueur de 4 800 mètres, a été construit par la Corporation de Greenock et pris à location de cette dernière. Les longueurs de lignes actuellement ouvertes se composent comme il suit, en nombres ronds :

| | | |
|---|---|---|
| Glascow et Govan. . . . . . . . . . . | 3 600 | mètres de ligne double |
| Greenock et Gourock. . . . . . . . . | 7 200 | — |
| Total. . . . . . . . . . . | 10 800 | — |

Le rail de Govan, *fig.* 32, est en acier et pèse 30 kil. par mètre courant.

La répartition de la matière dans le rail se prête moins efficacement à résister aux efforts verticaux que dans le rail de Dublin; mais la section plus épaisse a été spécialement adoptée à cause du transport des wagons de railway et, en outre, pour avoir une table de roulement plus massive; la section présente aussi une grande épaisseur sous l'ornière, qui est le point le plus faible.



Fig. 32. — Tramways de la vallée de la Clyde. Section du rail. Échelle 1/2.

Le rail avait une largeur nominale de 0m,10. Mais, par le fait, il n'avait que 0m,097 à la surface, et allait en s'élargissant de haut en bas jusqu'à avoir 0m,102 aux arêtes inférieures des rebords, le tout pour faciliter la fabrication. Sa hauteur totale est de 0m,07. La table de roulement a une largeur de 0m,047; elle est légèrement bombée, avec une flèche de un millimètre et demi. L'ornière, large de 0m,031, avec parois inclinées et fond plat, n'a que 0m,017 de profondeur. Sa largeur et son peu de profondeur lui permettent de recevoir les boudins des roues de wagons, qui ont au moins 0m,025 de hauteur, et, par suite, portent sur le fond de l'ornière. « C'était là un parti un peu violent à prendre, » dit M. Hopkins, dans sa déposition devant la Commission spéciale, en 1877, « mais nous avions la main forcée, et c'était le seul moyen possible de nous en tirer; car, si nous avions fait l'ornière du rail assez large pour recevoir le bandage ordinaire d'une voiture de railway, elle eût été trop large pour le trafic ordinaire d'une rue. » Le filet du côté intérieur du rail est large de 0m,018 à la surface.

Les rails étaient laminés en longueurs de 7m,32; sur la quantité totale, il y en avait pour 5 p. 100 en longueurs moindres.

Le système de construction consistait en rails posés sur des longuerines noyées dans une fondation de béton étendue sur toute la largeur de la voie.

Quand la voie est double, les lignes laissent entre elles une entre-voie de 0m,91. En y comprenant les deux accotements pavés avec leur largeur ordinaire de 0m,457, la largeur du tramway se décompose comme il suit :

TRAMWAYS DE LA VALLÉE DE LA CLYDE.

| | |
|---|---|
| 2 voies de 1m,415 chacune | 2m,83 |
| Entre-voie | 0 ,91 |
| 2 accotements de 0,457 chacun | 0 ,914 |
| 4 tables de roulement des rails à 0,047 l'une | 0 ,188 |
| Largeur totale | 4m,842 |

Pour une seule ligne, la largeur totale est de 2$^m$,445.

La route était creusée sur toute la largeur du tramway, — 4$^m$,88 pour une ligne double, — à une profondeur uniforme de 0$^m$,33 en dessous de la surface permanente. Aux points de jonction et de croisement, où l'on avait des traverses, la profondeur était portée à 0$^m$,43 pour faire place à ces dernières. Dans les endroits où le fond des excavations n'était pas ferme et solide, les fouilles étaient poussées plus avant et remplies de matériaux résistants ou de béton. Au fond de la fouille normale, et sur toute sa largeur, on étendait une couche de béton avec ciment de Portland, épaisse de 0$^m$,15. Le béton était composé avec les proportions suivantes :

| | |
|---|---|
| Ciment de Portland. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 partie |
| Pierre cassée. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 7 — |
| | 8 parties |

Le ciment devait être de la meilleure qualité, pesant au moins 137 kilog. l'hectolitre bien tassé, et d'une finesse telle qu'il en passât au moins 40 pour 100 à travers un tamis de crin du calibre 50. Il devait résister à une traction de 14$^k$,400 par centimètre carré, une semaine après avoir été préparé et gardé immergé dans l'eau.

La pierre ou ballast devait être propre, anguleuse, et contenant 6 parties de gravier, de pierre cassée ou de macadam passé à la claie pour 2 parties de sable gros bien propre.

Pendant la saison sèche, le sol devait être arrosé avant qu'on ne mît le béton en place.

Les longuerines étaient du meilleur bois de Memel, larges de 0$^m$,10, épaisses de 0$^m$,15, dressées et équarries à la scie; leurs longueurs n'étaient pas moindres de 6$^m$,10; elles étaient entaillées à la demande des rails. Elles reposaient sur la fondation de béton. Dans les courbes ayant un rayon moindre que 60$^m$,00, les longuerines pouvaient être plus courtes; elles étaient débitées pour suivre ces courbes. Aux aiguilles et aux croisements, des traverses du même bois, larges de 0$^m$,15, épaisses de 0$^m$,10, et longues d'au moins 2$^m$,13, étaient placées sous les longuerines pour les porter; elles étaient au plus distantes de 1$^m$,20 d'axe en axe. Elles reposaient sur une fondation de béton de 0$^m$,15 d'épaisseur. Le bois devait être créosoté avec de la créosote dont le poids spécifique ne dépassât pas 0,95. On devait en employer 160 kilog. par mètre cube.

Les rails étaient placés de manière à s'étendre à droite et à gauche des joints des longuerines. Pour les courbes de moins de 400 mètres de rayon, ils étaient ployés suivant la courbe réelle au moyen d'une machine spéciale. Il était interdit de les courber en les frappant. Avant la

pose du pavage, les rails étaient dressés et mis de niveau. Ils étaient vigoureusement serrés sur les longuerines, au moyen de serre-joints, avant qu'on enfonçât les agrafes. Les serre-joints étaient employés à chaque trou et mis aussi près que possible des agrafes.

Les longuerines étaient posées deux par deux, et leurs extrémités étaient dressées et coupées bien d'équerre. Excepté dans les endroits où l'on employait des traverses, elles étaient, comme dans la ligne de Liverpool, entretoisées à chaque joint et à des intervalles de 1$^m$,20 à 1$^m$,50 au moyen de barres en fer forgé, hautes de 0$^m$,05, épaisses de 0$^m$,009, ayant leurs extrémités en queue d'aronde, et faites du meilleur fer marchand. Ces barres sont introduites dans des rainures à queue d'aronde ménagées dans les coussinets de fonte, en forme d'U; ces derniers embrassent étroitement les longuerines et sont fixés sur elles au moyen de pointes de 0$^m$,009 de diamètre et de 0$^m$,063 de longueur. Les traverses employées pour les pointes ou aiguilles et les croisements jouent le rôle d'entretoises pour les longuerines; elles leur sont réunies au moyen de deux couples de sabots en fonte; chaque longuerine est logée entre les deux sabots de chaque couple et fixée sur eux au moyen de tire-fonds de 0$^m$,012 de diamètre, longs de 0$^m$,095, à pointe en biseau et à tête ronde. Il y en a quatre par sabot. Les joints des rails reposent sur des plaques de joint du meilleur fer marchand, épaisses de 0$^m$,009, larges de 0$^m$,076, longues de 0$^m$,20, à angles arrondis, et noyées dans les longuerines.

Les agrafes des rails étaient des crampons à double retour, ayant une longueur totale de 0$^m$,20, en fer de 0$^m$,009 d'épaisseur et de 0$^m$,015 de largeur. La partie supérieure, pour passer à travers les trous pratiqués dans les rebords de rails, était forgée ronde et avec pointe en biseau; la partie inférieure était barbelée et enfoncée dans les longuerines. Chaque rail, long de 7$^m$,32, était attaché par 23 crampons appliqués de chaque côté alternativement: deux couples d'entr'eux étaient placés près du bout de chaque rail.

Les crampons et autres attaches employées dans les coussinets, sabots, pointes, etc., étaient en fer de Lowmoor.

Après que les rails et longuerines avaient été fixés les uns aux autres, ils étaient levés à la hauteur convenable au moyen de coins, bien dressés et mis de niveau. Les longuerines étaient bourrées soigneusement et complétement avec du béton en dessous de toute leur surface. Le béton était plus fin et à prise plus rapide que celui qu'on employait pour la forme; il avait la composition suivante :

| | |
|---|---|
| Ciment de Portland. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 partie |
| Gros sable pur. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 4 — |
| | 5 parties. |

Les pointes et croisements étaient en fonte et la totalité de leurs surfaces supérieures étaient trempées jusqu'à une profondeur d'au moins $0^m,009$. Les pointes ou aiguilles mobiles étaient en acier fondu.

L'espace entier, compris entre les rails et les deux accotements extérieurs de $0^m,457$ étaient pavés avec les meilleurs pavés de Whinstone (1) ou de roche dure larges de $0^m,088$ à $0^m,10$, hauts de $0^m,15$, posés sur une couche de bon sable fin de $0^m,025$ d'épaisseur. Tous les pavés devaient être bien dressés, rectangulaires, sans fissures, fils, angles arrondis ou brisés et sans flaches dans les joints. Le pavage se faisait par files droites, parallèles entre elles et perpendiculaires à la voie; il était bordé de chaque côté par une ligne longitudinale de pavés de $0^m,076$ de largeur, contre laquelle buttait le macadam de la chaussée ordinaire. Quand les pierres étaient en contact avec les coussinets et les sabots, elles devaient être soigneusement taillées au ciseau par un maçon, pour s'adapter sur les pièces en question, et non pas dégrossies à coups de marteau.

Les parties de la route, voisines des tramways, étaient faites en granit cassé ou en morceaux de roche dure. Le pavage était bien battu et les joints remplis en partie avec du gravier mélangé avec la meilleure asphalte anglaise et couverts de sable. La surface supérieure du pavage se terminait de niveau avec la surface des rails.

---

(1) Whinstone est un nom local qui s'applique à une roche dure qui se présente sous forme schistoïdale (une espèce de basalte). O. C.

# CHAPITRE VIII

## RECONSTRUCTION DES TRAMWAYS NORD-MÉTROPOLITAINS. DÉTAILS DES DÉPENSES DES TRAMWAYS DE LONDRES

---

Le système de construction des tramways de la vallée de la Clyde qui vient d'être expliqué et décrit, est le type que M. Hopkins a adopté d'une manière générale dans sa pratique, jusque dans la dernière ou dans les deux dernières années. Dans les travaux de reconstruction des tramways Nord-Métropolitains, actuellement bien avancés (1877), il a abandonné les coussinets en fonte, avec leurs entretoises à queue d'aronde pour relier les rails, et leur a substitué une entretoise du même équarrissage que précédemment, terminée à chaque extrémité par un boulon de 0$^m$,018 de diamètre qui traverse chaque longuerine et est fixé au moyen d'un écrou plat au dehors. L'entretoise porte un épaulement carré par lequel elle s'appuie sur une rondelle, à l'intérieur de chaque longuerine; l'écrou n'a que 0$^m$,006 pour rendre la saillie aussi petite que possible et par suite gêner le moins possible la pose du pavage de l'autre côté de la longuerine. La fondation existante est renouvelée en partie, parce qu'on creuse, sous chaque longuerine et dans le béton ancien, une rigole peu profonde, ayant de 0$^m$,15 à 0$^m$,18 de largeur sur 0$^m$,037 de hauteur. Cette rigole est remplie de béton fin, dans lequel on enfonce les longuerines sur 0$^m$,012 environ. Ces dernières ont

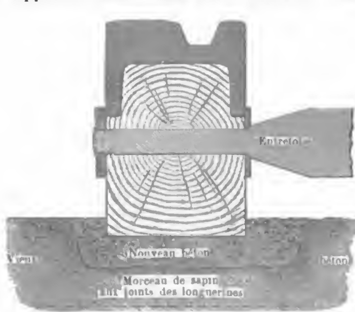



Fig. 33. — Tramways-nord-métropolitains. Méthode de reconstruction. Échelle 1/4.

0m,10 de large, 0m,127 de haut et sont entaillées pour s'adapter aux rails. A leurs joints, elles reposent sur des plaques de sapin, larges de 0m,20, épaisses de 0m,05, noyées dans la fondation. Les rails sont en acier, du poids de 30 kil. par mètre courant. Ils ont une largeur de 0m,097 à la surface, une hauteur de 0m,069 au-dessus des rebords et une épaisseur de 0m,033. Ils ressemblent, comme section, aux rails de la vallée de la Clyde; ils ont la même hauteur totale, mais ne sont pas aussi épais que ces derniers. L'ornière est large de 0m,031, profonde de 0m,018 et ne laisse que 0m,014 de métal en dessous d'elle. La table de roulement a 0m,051 de large et présente un léger bombement. Les rebords ont 0m,009 d'épaisseur à leur partie extrême. Chaque rail, long de 7m,32, est attaché par 25 agrafes placées à une distance de 0m,78 et de chaque côté; il faut en excepter celles des extrémités, qui sont disposées en deux couples, dont l'un est distant de 0m,037 de l'extrémité du rail et l'autre est à 0m,075 plus loin.

M. Huntingdon (1) a donne des détails sur les dépenses faites par l'entrepreneur qui construit la voie des tramways de Londres; elles résultent de renseignements recueillis par lui trois ou quatre ans auparavant. On peut les considérer comme les dépenses approximatives des tramways de Londres. La voie a une largeur de 1m,435; l'entre-voie est de 1m,22. Les rails sont fixés au moyen d'agrafes sur des longuerines injectées, longues de 6m,40; ces dernières sont placées à la largeur de voie, au moyen de boulons de 0m,018 et d'écrous, et reposent sur quatre traverses. Les agrafes ont 0m,015 de diamètre. Les éclisses aux joints ont 0m,23 de longueur, 0m,009 d'épaisseur et pénètrent dans les longuerines. Celles-ci sont fixées dans une couche de béton de ciment de Portland. épaisse de 0,15 sur laquelle porte le pavage.

TRAMWAYS DE LONDRES. VOIE SIMPLE.

| | par mèt. c^t |
|---|---|
| Rails, 25 kil. par mètre courant, entretoises, tire fonds, boulons, agrafes, éclisses, etc; rails à 262f,50 les 1000 kil. | 14f,34 |
| Bois créosoté et dressé. | 2 ,74 |
| Pose et fixation, y compris les croisements. | 1 ,37 |
| Entretien pendant une année. | 0 ,66 |
| Faux frais, charroi, éclairage, surveillance, pertes et fouille. | 2 ,02 |
| Risques et profits 10 p. 100. | 2 ,02 |
| Total. | 23f,15 |

Soit 23 150 francs par kilomètre.

(1) *Proceedings of the Institution of Civil Engineers.* Vol. 1, 1877, page 28. Dans la discussion du mémoire de M Robinson Souttar sur « les Tramways sur roues ».

La dépense de pavage, avec pavés de granit de 0m,18 de queue pour une double ligne et sur fond de béton, se compose comme il suit :

*Ligne double.*

| | |
|---|---|
| Pavage en pavés granitiques de 0,18 de queue, pour tramways de 5m,49 de largeur, matériaux et main-d'œuvre | le mèt. car. 16f,46 |
| Béton, sur une épaisseur moyenne de 0,15, y compris fouille et enlèvement de la route | 2 ,22 |
| Faux frais, jointoiement, charroi, surveillance, enlèvement des matériaux et sablage | 1 ,50 |
| Entretien pendant un an | 0 ,36 |
| Risques et profits, 10 p. 100 | 1 ,86 |
| Total | 22f,40 |

1 000m × 5m,49 × 22f,40 = 123 000 francs en nombre rond pour 1 kilomètre.

La dépense de pavage, pour une ligne simple, est la moitié de celle qui précède, soit 61 500 francs, et la dépense totale du tramway s'établit comme il suit :

| | |
|---|---|
| Voie | 23 150 fr. |
| Pavage | 61 500 |
| Par kilomètre de ligne simple | 84 650 fr. |

ou 169 300 francs par kilomètre de ligne double.

Les travaux extraordinaires, croisements et changements de voies, ne sont pas compris dans cette estimation.

## Pentes et courbes sur les tramways de Londres.

La plus forte pente existant sur une longueur considérable, dans le système nord-métropolitain, se trouve sur la route de la Cité ; elle est d'environ 1/40 ou 0m,025 par mètre aux abords de l'« Angel » à Islington. A la traversée des ponts sur le canal, il y a de courtes parties qui ont environ 1/25 ou 0m,04 par mètre. Les courbes ont 12m,00 de rayon ; les contre-courbes 15 mètres.

Dans les tramways sur rues de Londres, les pentes sont faciles, à l'exception d'une portion de courte longueur, où la pente est de 1/23 ou 0m,043 par mètre.

Pour les tramways de Londres, la pente la plus générale est 0m,02 ou 1/50 ; mais il y en a de 1/30 ou 0m,033 par mètre.

# CHAPITRE IX

## VOIES MÉTALLIQUES DE LIVESEY, COCKBURN MUIR, KINCAID, DOWSON, SCHENK

### Voie métallique de Livesey.

Déjà en 1869, M. James Livesey s'était fait l'avocat de l'emploi, pour les tramways, de structures métalliques, construites sur le principe des railways modernes, avec des supports intermittents; il remplaçait le système de longuerines continues en bois, avec leurs attaches verticales par tire-fonds, alors en vogue, par un rail de raideur suffisante, porté par des supports ou appuis en fonte sur lesquels il était fixé d'une manière solide et simple. Dans ses brevets de cette année, il fit connaître plusieurs variétés de tramways en fer ou acier; deux d'entre elles, représentées dans les *fig.* 34 à 37, ont été employées avec une largeur de voie de $1^m,435$ dans la ville de Buenos-Ayres; la première section en fut ouverte en Octobre 1870.

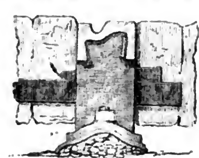


Fig. 34. — Tramways de Buenos-Ayres. Système de rail en acier de Livesey. Echelle 1/8.

Le rail à ornière en acier, *fig.* 34 à 36, a servi pour les lignes de la ville. Il pesait 20 kilog. par mètre courant et était laminé en longueurs de $7^m,32$. Il était large de $0^m,088$, haut de $0^m,06$ du côté de la table de roulement. Il avait de larges rebords de manière à donner le maximum pratique de force pour une quantité donnée de matière. La table a $0^m,044$ de largeur; l'ornière $0^m,036$ de largeur et $0^m,017$ de profondeur. La largeur de l'ornière est plus grande que celle qui est en usage en Angleterre; mais elle n'a pas ici d'inconvénients, parce que les bandes des roues des véhicules qui circulent sur les rues ordinaires à Buénos-

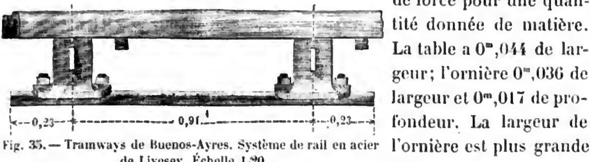



Fig. 35. — Tramways de Buenos-Ayres. Système de rail en acier de Livesey. Échelle 1/20.

Ayres ont $0^m,076$ de largeur. La moindre épaisseur à la table est de $0^m,018$ et aux bords, $0^m,011$.

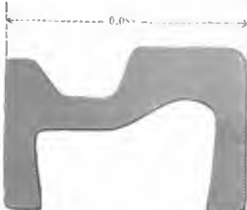


Fig. 36. — Rail en acier de Livesey. Échelle 1/2.

Les rails reposent sur des supports placés à $0^m,91$ de distance d'axe en axe; excepté aux joints des rails où un support de plus a été mis sous le joint. Les supports sont boulonnés sur des plaques de fer ondulé; il y en a deux sur chaque plaque, excepté au joint où il y en a trois. Ces plaques de base ont $2^m,37$ de longueur, $0^m,14$ de largeur et $0^m,006$ d'épaisseur. Les supports ont chacun $0^m,088$ de long et donnent au rail une surface d'appui de même longueur. Le rail est laminé de manière à former assemblage à queue d'aronde avec le support, et il est fermement maintenu sur celui-ci au moyen de clefs en forme de coins. Aux joints, les rails sont fixés sur les coussinets par deux boulons à tête pointue et deux écrous. Les parois latérales des rails affleurent celles des supports et, dans leur ensemble, elles présentent des faces verticales pour la buttée du pavage. M. Livesey pense que, quand on a affaire à des matières aussi dures et aussi rigides, le fer est préférable à la fonte comme matière pour la base; et qu'au contraire la fonte est préférable au fer pour les supports, parce que sa plus grande masse absorbe les chocs du trafic et ne communique pas aux véhicules un mouvement de trépidation, comme le fait le fer. Les rails sont maintenus à l'écartement de la voie au moyen d'entretoise en fer, hautes de $0^m,037$, épaisses de $0^m,009$ et distantes de $0^m,91$ les unes des autres. Celles-ci passent au travers des supports; elles sont entaillées pour s'ajuster sur eux et sont maintenues en place au moyen de coins.

Les quantités et dépenses aux prix courants (juillet 1877), sont les suivantes :

*Tramway à rail à ornière de Livesey. Pour 1 kilomètre de voie simple.*

| | | kilog. |
|---|---|---|
| 2 000 | mètres de rail à ornière en acier, du poids de 20 kilog. par mètre courant | 40 000 |
| 1 095 | plaques d'éclissage à $10^k,215$ l'une | 11 185 |
| 2 190 | supports en fonte à $4^k,315$ — | 11 315 |
| 274 | — de joint à $6^k,810$ — | |
| 1 095 | Entretoises à $4^k,655$ — | 5 100 |
| 2 190 | Clavettes | 379 |
| 4 922 | boulons de base | 1 010 |
| 2 190 | clefs courbes en fer à $0^k,570$ | 1 250 |
| 547 | boulons de joint en fer à $0^k,454$ | 250 |
| | Poids total pour 1 kilomètre de ligne simple | 70 489 |

Au prix de 225 fr. la tonne en bloc la dépense pour la matière monte à 16,000 fr., en nombre rond, par kilomètre.

Les tramways qui avaient été établis sur substructures en bois, à Buénos-Ayres, sont maintenant relevés et remplacés par des tramways métalliques.

Le second genre de tramways (*fig.* 37), employé dans les districts suburbains de Buénos-Ayres, a un rail à semelle ou rail Vignoles, comme on en emploie sur les railways; à l'exception que la semelle est plus étroite d'un côté que de l'autre, pour permettre d'approcher les pavés à toucher la tête du rail du côté extérieur. La plus grande largeur de la semelle du côté intérieur détermine dans le pavage la largeur de l'ornière pour les boudins des roues, et sert de buttée aux lignes de pavés contiguës. Le rail est placé sur un support en fonte auquel il est attaché au moyen d'un boulon à crochet et d'un écrou; le support est lui-même boulonné sur une plaque de base en fer plat qui repose sur la fondation. Les supports sont maintenus à distance, à l'aide d'entretoises et de clavettes.

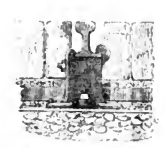


Fig. 37. — Tramways de Buénos-Ayres : Système de rail en acier de Livesey. Échelle 1/8.

Il y a maintenant environ 160 kilomètres de tramways du système Livesey dans la ville de Buénos-Ayres. On peut l'appeler la ville des Tramways, car elle en a un à peu près dans chaque rue.

A ce propos, nous devons indiquer que M. Livesey, dans son brevet de 1875, décrit une méthode pour maintenir les rangs de pavés voisins des rails au même niveau que ces derniers. Le rail est posé sur une longuerine « qui porte sur une plaque suffisamment large pour s'étendre sous le premier rang de pavés de chaque côté du rail. »

## Voie métallique de Cockburn-Muir.

M. W. J. Cockburn-Muir a fait breveter, en novembre 1870, un système de voie métallique, pour railways ordinaires, railways légers et tramways, qui est simple comme idée, qu'il nomme système des blocs-traverses (block-sleeper) et dans lequel les rails sont portés de distance en distance par des supports ou blocs en fonte. Il est représenté dans les *fig.* 38, 39, 40, tel qu'il est employé pour les tramways. Les rails sont en fer, et laminés par longueurs de 6$^{m}$,40; ils ont l'ornière ordinaire à la partie supérieure et une lame verticale à leur partie inférieure pour leur donner la force verticale nécessaire entre les supports. Ils pèsent 15 kil. au mètre courant et sont larges de 0$^{m}$,076. Les traverses sont des blocs

de fonte, rectangulaires, creux, ouverts à la base et présentant des nervures à l'intérieur. Ils ont environ 0m,29 de long, 0m,19 de large, et 0m,15 de haut, comme dimensions extérieures; pour le trafic ordinaire, on les met à 1m,06 d'axe en axe. La portée entre eux est seulement de 0m,77. On les place sur le fond de l'excavation ou sur une couche préparée de béton. Pour la pose, on les retourne sens dessus dessous, on les remplit de gravier ou de gros sable et on les ferme avec une planchette; puis on les met à leur place et on enlève la planche. Le poids de chaque bloc varie de 19k,750 à 21k,800 suivant la nature du trafic. Ils portent à leur surface supérieure des rainures pour donner un point d'appui aux chevaux; ils se comportent comme des pavés et deviennent portions intégrantes du pavage des rues. Comme les blocs-traverses alternent avec les rangs de pavés le long des rails et de chaque côté, il ne peut se produire ni dépressions ni ornières sur les côtés de ces rails.

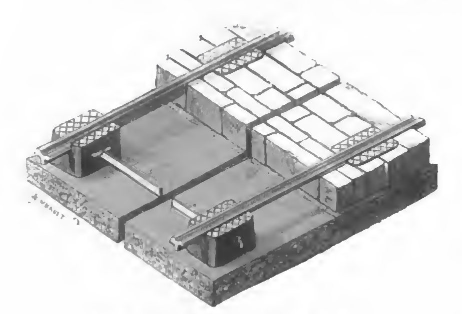


Fig. 38. — Voie métallique de Cockburn-Muir à Montevideo, etc.

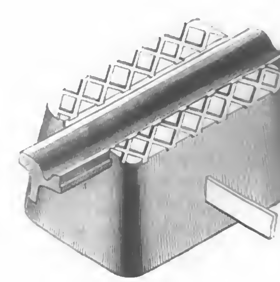


Fig. 39. — Voie métallique de Cockburn-Mu[ir]. Vue de la longuerine et du rail.

Les rails sont laminés avec un filet à la partie inférieure pour s'adapter dans une ornière correspondante ménagée dans l'échancrure des blocs. L'échancrure est disposée de manière à recevoir le rail qui s'y applique exactement, excepté du côté extérieur de la voie, où l'on entre à force une clef ou coin en fonte de 0m,33 de longueur qui porte dans toute son étendue sur le bloc, et fixe le rail sur ce dernier. Comme le rail repose solidement sur le bloc dans toute la longueur de celui-ci, le coin remplit le rôle d'éclisse aux joints des rails et leur portée réelle se réduit à la distance entre les traverses, ou à 0m,77.

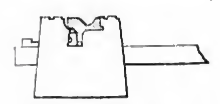


Fig. 40. — Voie métallique de Cockburn-Muir. Rail, longuerine et attache. Échelle 1/2.

Les blocs sont reliés transversalement et fixés à la largeur de voie au moyen de barres en fer forgé qui passent droit au travers d'eux et sont arrêtées contre eux au moyen de clavettes placées du côté de l'extérieur.

La hauteur des blocs, traverses ou longuerines, donne la place pour une couche de sable de 0$^m$,012 et des rangs de pavés de 0$^m$,138 de queue.

Le système de M. Cockburn-Muir a été adopté pour tous les tramways de Montévidéo. On l'a aussi employé à Buénos-Ayres, Salto et Bahia. On en a construit de courtes longueurs à Vienne et à Palerme. A Montévidéo, la largeur d'une des lignes est de 1$^m$,49, et celle des autres de 1$^m$,435. A Bahia, une partie de la ligne a 1$^m$,42 et l'autre partie 0$^m$,75. Dans d'autres endroits, ce système a été adopté avec une largeur de voie de 1$^m$,435.

Les quantités de métal, pour un kilomètre de voie à 1$^m$,435 de largeur, sont les suivantes :

*Tramway de W. J. Cockburn-Muir; pour 1 kilomètre de voie simple.*

| | | |
|---|---|---|
| Rails en fer à raison de 15 kilog. le mètre courant. . . . | 30 000 | kilog. |
| 515 entretoises, à 3$^k$,290 l'une . . . . . . . . . . . . . | 1 698 | — |
| 1 030 clavettes, à 68 grammes l'une . . . . . . . . . . . | 702 | — |
| 1 875 blocs-traverses, à 19$^k$,650 . . . . . . . . . . . . . | 36 870 | — |
| 1 875 coins, à 1$^k$,135 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 2 130 | — |
| Poids total. . . . . . . . . . . . . . . | 71 400 | kilog. |

La dépense en matériaux monte actuellement à environ 21,750 francs, en nombre rond, pour une ligne simple.

Des morceaux du rail de M. Cockburn-Muir, du poids de 15 kil. au mètre courant, sont régulièrement éprouvés au point de vue de leur résistance transversale par M. Kirkaldy, au fur et à mesure que le laminage s'effectue; on prend un échantillon par 100 rails fabriqués. Les rails à éprouver sont placés de manière qu'il y ait une portée libre de 0$^m$,77 entre leurs supports; on les charge au moyen de poids appliqués en leur milieu. Voici la moyenne des résultats d'épreuves sur dix spécimens de rails.

| | | |
|---|---|---|
| Charge totale appliquée. . . . . . . . . | 2 265 kilog. | 3 080 kilog. |
| Flexion. . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0$^m$,004 | 0$^m$,015 |
| Déformation persistante. . . . . . . . . | 0 ,00025 | 0 ,01025 |
| Limite élastique de charge. . . . . . . . . . . . . . . . . . | | 2 360 kilog. |
| Poids extrême appliqué. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | | 4 115 — |

Tous les échantillons sont sortis de l'épreuve sans être rompus; M. Cockburn-Muir affirme que le poids maximum que les rails ont à supporter en pratique ne dépasse pas 1,140 kil. C'est précisément environ la moitié de la force élastique du rail.

### Voie métallique de Ransome, Dea et Rapier.

Ce système, — voie de fonte posée sur béton — est indiqué ici seulement au point de vue de l'enchaînement historique de l'exposition. Il a été breveté en 1869 et un tramway de ce système a été établi en 1870 au port de Glascow. Il est décrit tout au long dans le chapitre IX.

### Voie métallique de Kincaid

M. Joseph Kincaid a pris en Mars 1872, son premier brevet pour son système, sous les formes représentées par les *fig.* 41 à 43; parmi ces dernières, les *fig.* 41 et 42 nous montrent des rails de la forme ordinairement employée à cette période, « portés en des points, situés à distance convenable les uns des autres, par des supports à base plate et laissant un espace vide et ouvert dans leur centre. A partir de la base, le support du rail s'élève, en présentant, au travers de lui-même, un espace ouvert ou passage, pour que le béton dans lequel il est noyé puisse l'envelopper de telle sorte qu'il soit solidement encastré dans son milieu. » Le rail est fixé au coussinet au moyen d'un tire-fond vertical qui passe au fond de l'ornière, et est enfoncé dans une cheville en bois dur, préalablement entrée à force dans un trou rond pratiqué au sommet du support. Comme autre moyen d'attache, le rail pouvait être fixé au coussinet au moyen d'agrafes latérales formées de tire-fonds lancés au travers de trous pratiqués dans les rebords du rail suffisamment allongés et pénétrant dans des chevilles noyées dans la tête du support.

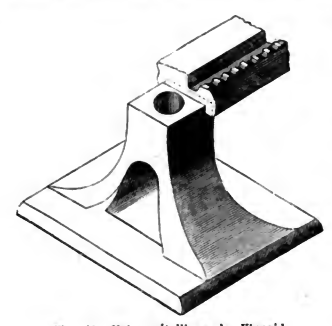


Fig. 41. Voie métallique de Kincaid, d'après son brevet.

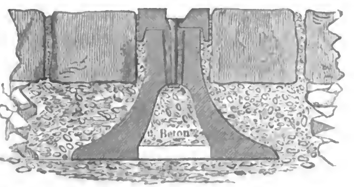



Fig. 42. Voie métallique de Kincaid, d'après son brevet.

M. Kincaid indiquait aussi une manière de fixer des rails, à section en forme de T. *fig.* 43. Ceux-ci se composaient d'une table supérieure, avec un rebord inférieur vertical qui pénétrait dans une rainure pratiquée dans la tête du support et y était fixé au moyen d'une cheville horizontale terminée en pointe.

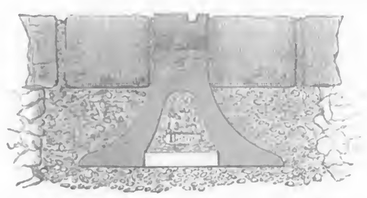


Fig. 43. Voie métallique de Kincaid, d'après son brevet.

Son premier essai a été fait sur une partie de la branche de Headingley, dépendant des tramways de Leeds. Cette partie, longue d'environ 400 mètres, a été établie avec le rail de 24 kil. au mètre courant, fixé sur des coussinets distants de $0^m,91$ d'axe en axe.

Dans le projet de la première portion des tramways de Sheffield, — la ligne d'Attercliffe — qui fut ouverte en Octobre 1873 et construite suivant son système, M. Kincaid employa un rail pesant 25 kil. au mètre courant. Il comportait $1^k,250$ de métal de plus que le rail expérimenté à Leeds; la section était bien meilleure et avait des rebords latéraux hauts de $0^m,031$. Supporté par des coussinets en fonte distants de $0^m,91$ d'axe en axe, ce rail a été trouvé suffisamment fort et raide. Le pavage, haut de $0^m,13$ reposait sur un lit de cendres, épais de $0^m,075$; il était rejointoyé avec une composition asphaltique — brai et bitume. Dans la fouille pour le travail, le terrain était enlevé jusqu'à une profondeur uniforme de $0^m,20$ sur toute la largeur de la voie, et des trous étaient pratiqués pour recevoir la fondation de béton et les supports des rails. L'ornière du rail, on peu le remarquer, n'avait reçu, par ordre supérieur, qu'une largeur de $0^m,025$ à la surface. L'expérience a montré qu'elle était trop étroite et qu'elle occasionnait le coincement des roues dans les courbes à faible rayon.

Le tramway de Dewsbury, Batley et Birstal, construit en 1874-75 et dont M. Malcolm-Paterson et M. Gomersall furent successivement les ingénieurs, a été établi dans le système de M. Kincaid, d'après son premier brevet de 1872. La longueur totale de la ligne — ligne simple — est de 5350 mètres. Elle a été successivement ouverte par sections, de la manière suivante :

| | | |
|---|---|---|
| De Dewsbury à Batley. . . . . . . . | 2132 mètres | 25 Juillet 1874 |
| De Batley à Carlinghow. . . . . . . | 1609 — | 25 Mars 1875 |
| De Carlinghow à Birstal. . . . . . . | 1609 — | 23 Juin 1879 |
| | 5350 mètres | |

Il y a dix voies d'évitement, dont huit ont 60 mètres de long et deux 30 mètres. La ligne est en pente douce, d'environ 1/200 ou $0^m,005$, se continuant, sauf de légères exceptions, de Birstal à Dewsbury.

Les rails sont en fer et pèsent $20^k,500$ par mètre courant. Ils ont $0^m,082$ de large, $0^m,051$ de haut; ils sont portés par des coussinets distants de $0^m,91$ d'axe en axe, sur lesquelles ils sont fixés au moyen de tire-fonds verticaux passant par le fond de l'ornière. Les coussinets étaient posés dans du béton, scellés avec du brai, et les rails étaient bourrés en dessous avec du béton formé de pierres brisées menues et de goudron.

Le pavage était fait avec des pavés granitiques, de Dalbeattie. Ceux qui étaient posés entre les rails étaient cubiques, de $0^m,10$ de côté, tandis que ceux qui formaient les accotements, sur une largeur de 0,457, avaient $0^m,15$ de queue. Ils étaient jointoyés avec du brai. Le pavage reposait sur une fondation composée d'une couche de pierre cassée de $0^m,05$, recouverte d'un lit de cendres de $0^m,10$ d'épaisseur.

La dépense de construction pour les 3,620 premiers mètres — de Dewsbury à Carlinghow en passant par Batley — sur une route pavée, monta à 71 500 fr. par kilomètre; tandis que la dernière partie — de Carlinghow à Birstal — sur une route en macadam, a été construite avec le pavage complet, moyennant une dépense de 62 150 fr. par kilomètre.

Dans son second brevet, de Janvier 1876, M. Kincaid a introduit plusieurs perfectionnements dans les détails de son système de tramways métalliques. Il a augmenté la largeur du corps du support ou coussinet, de manière à lui donner les mêmes dimensions que le rail et à le faire affleurer verticalement avec lui; il a eu ainsi l'avantage d'augmenter la surface d'appui du rail, en y faisant servir les rebords et de présenter une surface unie comme buttée pour les lignes de pavés. Il emploie un rail semblable à celui de la ligne de Dewsbury, creux sous la table de roulement, et il donne à la tête du coussinet une forme telle qu'elle pénètre exactement dans la partie creuse et y prenne son point d'appui. Il remplace les chevilles verticales et les tire-fonds par des chevilles horizontales dans le coussinet, avec des crampons comme attaches latérales pour réunir le rail au coussinet.

Une des applications les plus récentes de la voie de M. Kincaid, a été faite à Bristol. Elle est représentée dans la planche III et sera décrite plus tard.

Dans les tramways construits à Adelaïde (nouvelle Galles du Sud, Australie) en Octobre 1877, M. Kincaid a ajouté une entretoise à chaque couple de coussinets de joint, pour remédier au manque de raideur qui pourrait provenir de l'absence de pavage.

## Voie métallique de Dowson.

MM. J. E et A. Dowson ont imaginé un système de voie métallique permanente, à supports continus et à formes variées, qui a été breveté en 1871 et en Mars 1873. Les tramways de Madras, qui comprennent 17 600 mètres de lignes simples, avec une largeur de voie de 1 mètre et ont été ouverts en 1874, ont été construits suivant une des formes brévetées en 1873, *fig*. 44. Le rail était en fer. C'était un rail ordinaire, plat et à ornière. Il reposait sur une série de longuerines en fonte qui s'assemblaient à recouvrement et latéralement à leurs extrémités, où elles étaient boulonnées ensemble, et qui formaient un support continu pour le rail. Les longuerines étaient munies de baguettes qui permettaient de les dégauchir pour recevoir le rail; les attaches consistaient en boulons verticaux à tête fraisée, passant dans l'ornière du rail et fixés aux longuerines au moyen de clavettes.

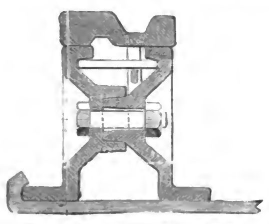


Fig. 44. Voie métallique de Dowson. Tramways de Madras. Échelle 1/1

Les rails étaient épais de $0^m,025$, larges de $0^m,095$ et pesaient 13 kil. par mètre courant. Les longuerines pesaient 20 kil. par mètre courant; elles étaient longues de $0^m,61$, à rebords, hautes de $0^m,112$ et larges de $0^m,051$. La largeur de la surface d'appui sur la fondation en béton allait à $0^m,10$. Les longuerines étaient reliées transversalement de distance en distance au moyen d'entretoises à crochets.

MM. Dowson ont récemment étudié une forme différente et meilleure

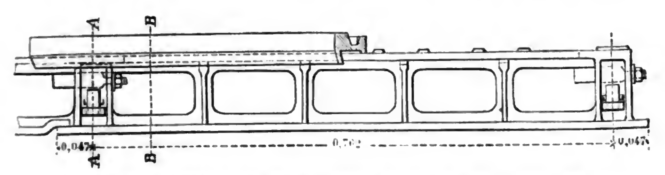



Fig. 45. — Tramways métalliques de Dowson. Système perfectionné. Échelle 1/8.

de leur système de voie; elle est représentée par les *fig*. 45 à 47. Les longuerines, terminées par un joint à demi-recouvrement, se présentent par

longueurs de $0^m,76$ quand elles sont posées et boulonnées ensemble. Elles sont à double semelle, larges de $0^m,10$ à la base, de $0^m,037$ à la face supérieure et hautes de $0^m,114$. Dans le corps de la pièce, le métal a $0^m,011$ d'épaisseur à la nervure centrale, et aux tenons il n'a que $0^m,006$. Les extrémités des longuerines sont réunies au moyen d'une pince en fer à double tête, placée près de la semelle inférieure; à la table supérieure, leurs arêtes sont taillées en biseau pour entrer dans des angles correspondants ménagés à la partie inférieure des rails. Elles sont chassées de force dans ces cavités au moyen d'un coin de fer, introduit entre elles, à moitié distance entre le sommet et la base, et maintenu serré au moyen d'un écrou qui agit sur une partie filetée. Comme le coin est placé au milieu de l'espace compris entre la pince en dessous et le rail en dessus, le serrage du coin qui sépare les extrémités de l'assemblage, trouve pour lui résister la pince et le rail en même temps; les rails, en raison de la forme en biseau des surfaces, descendent sur les longuerines, et l'on obtient ainsi une liaison bien solide des longuerines entre elles et des rails avec les longuerines. Ces pièces pèsent posées $17^k,500$ le mètre courant.

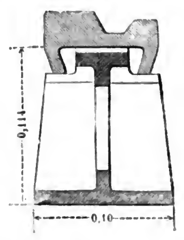



Fig. 46. — Nouvelle voie métallique de Dowson. Section suivant BB, fig. 45, Échelle 1/4




Fig. 47. — Nouvelle voie métallique de Dowson. Coupe suivant AA, fig. 45. Échelle 1/4.

Les rails sont en fer et pèsent 15 kil. le mètre courant; ils ont $0^m,082$ de largeur et $0^m,025$ d'épaisseur à la table de roulement. Ils ont deux rebords inférieurs, un de chaque côté, hauts de $0^m,018$, épais de $0^m,009$ et inclinés vers l'intérieur, de manière à pincer les extrémités des longuerines, comme on l'a déjà dit. Les rails prennent un appui continu sur les tables supérieures des longuerines; ils portent également, par leurs rebords, sur des nervures transversales renforçant ces dernières et qui sont dressées à leur partie supérieure suivant des surfaces planes pour recevoir les rails. Comme les rebords sont séparés par une distance de plus de $0^m,05$, tandis que la table supérieure de la longuerine n'a que $0^m,037$ de large, il existe,

entre les rebords et la table, sur toute la longueur entre les extrémités des longuerines, un jeu suffisant pour permettre de donner aux rails la forme des courbes de la ligne, tout en les faisant reposer sur des longuerines droites. Il ne faut donc pas de pièces spéciales pour les courbes. MM. Dowson donnent les renseignements suivants sur les quantités et le prix de leur voie permanente, pour un kilomètre de ligne simple :

VOIE MÉTALLIQUE PERFECTIONNÉE DE DOWSON
*pour 1 kilomètre de ligne simple.*

| | POIDS de l'unité. | POIDS TOTAL | PRIX aux 1000 kilog | DÉPENSE du matériel. |
|---|---|---|---|---|
| | kilog. | kilog. | fr. | fr. |
| 2 000 mètres de rails en fer. . . . . . . . | 15,00 | 30 000 | 200 | 6 000 |
| 2 000 mètres de longuerines en fonte . . | 17,5 | 35 000 | 175 | 6 125 |
| 546 entretoises, distantes de $1^m,83$. . . | 4,545 | 2 485 | 325 | 807 |
| 2 818 coins et écrous. . . . . . . . . . | 0,227 | 640 | 575 | 368 |
| 2 818 pinces. . . . . . . . . . . . . . . . | 0,113 | 320 | 575 | 182 |
| 2 818 rondelles. . . . . . . . . . . . . . | » | 100 | 250 | 25 |
| | » | 69 445 | » | 13 507 |

## Voie métallique de Schenk.

M. A. O. Schenk a imaginé et fait breveter, en décembre 1876, une voie métallique destinée à la traction par puissance mécanique, *fig.* 48. On peut la classer comme un système mixte de rails et coussinets métalliques avec traverses en bois. Elle se compose de deux rails en fer, de hauteur considérable, semblables à des plaques posées sur leurs arêtes. Pour assurer une grande raideur verticale, ils forment rail et contre-rail et sont calés dans des coussinets doubles en fonte, au moyen de coins de bois. Des traverses en bois portent les coussinets. Le rail porteur et le contre-rail ont chacun $0^m,127$ de hauteur et environ $0^m,008$ d'épaisseur à l'âme. La tête du rail porteur a $0^m,037$ de largeur seulement et $0^m,034$ d'épaisseur; elle est arrondie de chaque côté et prend son point d'appui sur le milieu du coussinet. La tête du contre-rail est aussi à $0^m,034$ au-dessus du coussinet; elle a $0^m,015$ d'épaisseur et repose sur le sommet de ce dernier au moyen d'un rebord venu au laminage. La largeur exacte de l'ornière formée par les deux rails est de $0^m,022$ et la largeur totale de la surface du rail, y compris l'ornière, est de $0^m,075$. Les âmes des rails

n'ont pas une épaisseur uniforme, mais elles augmentent vers la partie inférieure, en passant d'une épaisseur de 0m,008 à une de 0m,0095. Ce renflement, montant à 0m,0015 et qui répond à un rétrécissement correspondant du coussinet, a pour objet d'empêcher les rails de se soulever et de trépider sur leurs siéges sous l'action du passage des charges :

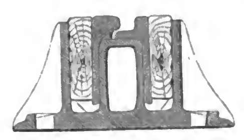


Fig. 18. — Voie métallique de Schenk. Échelle 1/4.

| | | |
|---|---|---|
| Poids par mètre courant : | rail porteur. . . . . . . . . . | 13k,500 |
| — | contre-rail. . . . . . . . . . . | 11 ,500 |
| | Poids total des rails par mètre courant. . . . | 25k,000 |

Les rails sont calés dans les coussinets de fonte au moyen de coins en bois dur enfoncés verticalement de la surface de la voie; les coussinets ont 0m,323 de longueur à la semelle et 0m,15 de hauteur. La partie centrale ou support sur laquelle les rails prennent leur appui est fondue creuse. Les coussinets intermédiaires pèsent 9 kil. chacun, et ceux de joint 15k,890. Ils sont fixés sur les traverses à l'aide de chevilles en chêne. Les traverses sont en bois créosoté; elles ont 0m,23 de largeur, 0m,115 d'épaisseur et 2m,28 de longueur; elles sont espacées de 0m,91 d'axe en axe. La section du rail porteur se prête facilement à la formation des pointes, des croisements et des courbes dans la ligne.

*Quantités pour 1 kilomètre de voie simple, dans le système de Schenk.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2 000 | mètres de rails | à 25 kilog. le mètre courant . . . . . | 50 000 kilog. |
| 1 914 | coussinets | à 9 — chacun. . . . . . . . . . . | 17 226 — |
| 273 | — | à 15k,890 chacun. . . . . . . . . . . . | 4 338 — |
| | | Poids de la partie métallique. . . . . . . . . . | 71 564 kilog. |

4 922 coins en bois dur.
4 922 chevilles.
1 090 traverses créosotées de 2m,28 de longueur, 0m,23 de large et 0m,115 d'épaisseur.

L'espace creux entre les rails, disposé sous forme de gouttière en asphalte, peut être utilisé pour drainer la voie, si on le juge nécessaire. La continuité de la gouttière est assurée par les parties creuses des coussinets.

Ce système a été projeté par M. Schenk pour répondre aux objections faites contre les anciens systèmes de tramways établis en Angleterre et satisfaire aux nouvelles conditions imposées par la substitution de la puissance mécanique à la force des chevaux. M. Schenk prétend que son système a les avantages suivants : 1° en employant des rails de la forme

indiquée, on obtient assez de rigidité pour se passer de supports continus; 2° les rails et leurs attaches peuvent être renouvelés sans enlever un seul pavé; 3° on n'emploie pas d'attaches de fer; 4° le rail porteur est indépendant du rail de garde et tous les deux peuvent être renouvelés indépendamment l'un de l'autre; 5° il y a moins de surface de roulement exposée que dans les autres systèmes; 6° les rails se ploient facilement suivant les courbes; 7° la voie peut être drainée par la gouttière en asphalte; 8° comme première dépense, le système soutient favorablement la comparaison avec les autres.

---

# SECONDE PARTIE

## PRATIQUE ACTUELLE SUIVIE POUR LA CONSTRUCTION DES TRAMWAYS DANS LE ROYAUME-UNI

---

# CHAPITRE PREMIER

## TRAMWAYS SUR RUES D'ÉDIMBOURG, 1871-1875.

(PLANCHE I.)

---

Les ramways sur rues d'Edimbourg, dont M. John Macrae est l'ingénieur, ont été construits en entier dans le système du rail plat à ornière, posé sur des longuerines placées elles-mêmes sur un lit de béton; la planche I en donne le dessin. Les diverses sections de la ligne ont été ouvertes à différentes dates, de 1871 à 1875, et comme il suit :

| DATE de l'ouverture. | SECTION. | LIGNE double. | LIGNE simple. | LONGUEUR totale de rues. |
|---|---|---|---|---|
| | | mèt. | mèt. | mèt. |
| Oct. 1871 | Haymarket et Leith. . . . . . | 5 900 | 292 | 6 192 |
| Avril 1872 | Powburn et Newington. . . . . | 2 185 | » | 2 185 |
| Nov 1872 | Morningside et Grange. . . . | 5 631 | » | 5 631 |
| Déc. 1873 | Newhaven Branch. . . . . . . . | 320 | 1 163 | 1 483 |
| Mai 1875 | Portobello Line. . . . . . . . . | 726 | 4 671 | 5 397 |
| | | 14 762 | 6 126 | 20 888 |

La largeur de voie est de $1^m,435$. La voie est placée dans l'axe de la rue. Pour les lignes doubles, les voies sont à $2^m,74$ d'axe en axe, et la largeur totale est de $5^m,18$, se décomposant comme il suit :

Pour une ligne double :

| | |
|---|---|
| Distance d'axe en axe des voies. . . . . . . . . . . . . . . | 2m,74 |
| Deux demi-largeurs de voie. . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 ,435 |
| Deux tables de roulement des rails. . . . . . . . . . . . | 0 ,09 |
| Deux accotements pavés de 0m,457. . . . . . . . . . . . | 0 ,915 |
| | 5m,180 |

Pour une ligne simple :

| | |
|---|---|
| Largeur de voie. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1m,435 |
| Deux demi-largeurs de rails. . . . . . . . . . . . . . . . | 0 ,09 |
| Deux accotements pavés de 0,457. . . . . . . . . . . . . | 0 ,915 |
| | 2m,440 |

Les pentes des tramways sur rues d'Édimbourg sont extraordinairement raides. Celles de Leith-Walk, qui est la plus mauvaise section, sont les suivantes, en commençant à la tête de la pente, au niveau de Princes Street.

| PENTES. | LONGUEURS. |
|---|---|
| 1 sur 22 | 150 mètres. |
| 1 — 14 | 39 — |
| 1 — 50 | 138 — |
| 1 — 24 | 125 — |
| 1 — 20 | 100 — |
| 1 — 24 | 67 — |
| 1 — 23 | 49 — |
| 1 — 29 | 151 — |
| 1 — 35 | 250 — |
| 1 — 42 | 91 — |
| 1 — 52 | 223 — |
| 1 — 43 | 199 — |
| 1 — 38 | 127 — |
| Pente moyenne 1 sur 32 | Longueur totale 1 709 mètres. |

Le rayon de la courbe sur la partie inclinée au commencement de Leith-Walk est de 14m,54, mesuré sur le rail intérieur.

La pente sur le pont Nord est de 1/17 sur une longueur de 168 mètres. La pente moyenne sur Portobello-Road est de 1/30 sur 1,371 mètres. La plus forte est de 1/24 sur 182 mètres.

Ce qui suit renferme quelques détails sur la construction et la dépense des travaux récemment exécutés sur la branche de Portobello. L'adjudication a été passée en Juillet 1874.

L'entrepreneur enlevait le pavage existant ou la chaussée ; et, dans les parties de la rue où les fondations de la chaussée étaient mauvaises ou bien où elle était macadamisée, le terrain était creusé à une profondeur uniforme de 0m,34 en dessous de la surface permanente, et sur une largeur de 5m,18 pour une ligne double, ou de 2m,44 pour une ligne simple. La profondeur réelle de l'excavation était cependant moindre que 0m,34 :

car on relevait notablement le niveau de la route qu'on refaisait à neuf.

On s'assurait d'un fond bien solide pour le béton. L'épaisseur normale de la couche mise au fond de la fouille était de 0m,15; on l'augmentait quand cela était nécessaire. Mais quand le macadam des routes empierrées était assez solide pour former une bonne fondation pour les longuerines et le pavage, la surface était dressée et arrangée après la fouille, à un niveau uniforme pour recevoir une mince couverture de béton. Ce dernier était soigneusement battu et sa surface rendue parallèle à celle de la rue. Sa composition était la suivante :

| | |
|---|---|
| Chaux d'Arden, la meilleure. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 2 mesures. |
| Pierre dure bien propre, brisée de manière à passer dans un anneau de 0m,05. . . | 4 — |
| Gravier de Fisherrow ou de Whinstone, de 0m,006 de diamètre. . . . . . . . . . | 1 — |
| | 7 mesures. |

Les longuerines sont en sapin rouge du Nord, venant de Riga, ou en pitchpin; elles ont 0m,10 de largeur et 0m,127 de hauteur; elles ont à leurs arêtes supérieures des entailles destinées à recevoir les filets des rails. Leurs joints reposent sur des coussinets en fonte, longs de 0m,15, dont les semelles pénètrent dans les faces inférieures des longuerines, de manière à présenter une surface bien unie sur la couche de béton. Les longuerines sont créosotées avec la meilleure créosote, à raison de 160 kil. par mètre cube, sous une pression de 14k,550 par centimètre carré.

Les longuerines sont maintenues à la largeur de voie, à des intervalles ne dépassant pas 1m,82, par des entretoises en fer de 0m,05 sur 0m,009, coudées en sens inverse à leurs extrémités, et fixées sur les longuerines au moyen d'un boulon de 0m,015 avec écrou et rondelle; les rails sont liés aux longuerines à l'aide de boulons de 0m,015, avec écrous et rondelles à la face inférieure. Les boulons sont fraisés et ont une rainure dans la tête, pour qu'on puisse les serrer en faisant usage d'un tourne-vis. Tous les trous de boulon dans le bois sont remplis de goudron d'Archangel, coulé bouillant avant d'enfoncer les boulons. Les longuerines reposent sur une couche de béton ferme de 0m,012 d'épaisseur, composé comme il suit :

| | |
|---|---|
| Ciment de Portland. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 partie. |
| Gravier. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 3 parties. |

mélangées et malaxées avec de l'eau.

Les rails sont en fer; ils proviennent par laminage de forts paquets de barres de fer pudlé, disposées de manière que la partie inférieure de chaque rail soit fibreuse, tandis que la partie supérieure et la table de roulement se composent de fin fer granulé. Ils pèsent 26 kil. par mètre courant; ils ont 0m,10 de largeur, 0m,037 d'épaisseur, et présentent à la

partie inférieure deux filets, — un à chaque angle, — de 0$^m$,009 carré. A la partie supérieure, la table de roulement a 0$^m$,044 de large, et l'ornière 0$^m$,031. Le bord intérieur a 0$^m$,025 de large et est profondément strié, — 60 rayures ou stries par mètre courant. — L'ornière a une profondeur de 0$^m$,022; elle laisse en dessous d'elle une épaisseur de fer de 0$^m$,015. Sa largeur au fond est de 0$^m$,017 et l'évasement de ses parois est plus grand du côté de l'intérieur que de l'extérieur. La longueur normale des rails est de 6$^m$,40; mais un certain nombre d'entre eux, ne dépassant pas 5 pour 100 de la quantité totale, pouvaient être de longueur moindre; on exigeait qu'ils fussent un multiple de 0$^m$,61 et qu'aucun d'eux ne fût moindre de 3$^m$,66. La tolérance pour variation de longueur était de 0$^m$,006. Les rails sont fixés sur les longuerines au moyen de boulons de 0$^m$,015, distants de 0$^m$,61, d'axe en axe, excepté à chaque extrémité, où le rail est attaché par deux boulons distants de 0$^m$,115, dont le dernier est à 0$^m$,037 du bout du rail. Les trous pour le passage des boulons sont pratiqués au fond de l'ornière, et les têtes, quand elles sont rendues à demeure, affleurent le fond de cette ornière.

Les extrémités des rails sont reliées par des plaques de fer, longues de 0$^m$,38, larges de 0$^m$,076, épaisses de 0$^m$,015. Il y en a une à chaque jonction; elle est noyée dans la longuerine et fixée par les quatre boulons déjà mentionnés. Les trous dans les plaques sont de forme ovale, larges de 0$^m$,015 et longs de 0$^m$,022, pour parer aux petites irrégularités. Le poids d'une plaque de joint est de 3$^k$,181.

Les pointes et croisements sont en fonte trempée ou en toute autre matière.

Une couche mince de gros sable bien propre ou de gravier de 0$^m$,006 peut être répandue sur le béton, comme bourrage sous les pavés pour remédier aux inégalités de la surface. Mais ceux-ci reposaient directement sur le béton quand le bourrage n'était pas nécessaire.

La chaussée, ou pavage, a été établie sur toute la surface comprise entre les rails et sur une bande de 0$^m$,457 à l'extérieur et de chaque côté de ceux-ci. Les pavés ont 0$^m$,075 de largeur, 0$^m$,175 de queue, et 0$^m$,25 de longueur moyenne, excepté ceux qui forment la partie avoisinant les rails. Ils sont en granit ou en roche dure provenant des carrières de Westfield, Drumbowie ou Barnton. Ils sont posés à sec, en contact les uns avec les autres, jointoyés avec un mélange à parties égales de ciment de Portland et de gravier de Fisherrow de 0$^m$,006, et enfin recouverts d'une couche de gravier fin. On employait des gabarits pour faire le pavage. Pour les besoins des mesurages, la largeur d'une ligne à voie simple est comptée à 2$^m$,23; et, pour une voie double, à 4$^m$,77, non compris la largeur des rails.

Le tramway devait être maintenu en bon état d'entretien pendant douze mois après son achèvement. Le fabricant de rails était tenu de reprendre et remplacer tous les rails reconnus défectueux dans l'espace de deux ans, à dater de la fabrication. Les payements, qui pouvaient être affectés de retenues pour amendes ou dommages, devaient être faits mensuellement jusqu'à concurrence de 90 pour 100 du montant du travail effectué. Le solde devait être délivré six mois après la date d'achèvement des travaux.

Les prix d'entreprise pour les travaux effectués dans la construction de la section de Portobello, en 1874-75, sont les suivants; nous donnons aussi le bordereau de prix pour changements, additions, réductions ou travaux extraordinaires.

TRAMWAYS SUR RUES D'ÉDIMBOURG. — DÉPENSES POUR LA CONSTRUCTION DE LA SECTION DE PORTOBELLO, 1874-1875.

*Depuis l'extrémité des lignes existantes jusqu'à l'extrémité Est de Waterloo Place.*

| | fr. c. |
|---|---|
| Relevé et mise en dépôt de la chaussée actuelle, dressage de la surface; fourniture et pose du béton; tous les matériaux pour la voie permanente; nouveaux pavés de granit, jointoyés avec du ciment et recouverts de gravier fin, et achèvement complet du tramway, comme il a été spécifié. | |
| Ligne double. . . . . 24$^m$,68 à 164$^f$,10. . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 4050,00 |
| Ligne simple. . . . . 118$^m$,82 à 82$^f$,05. . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 9750,00 |

*De l'extrémité Est de Waterloo Place à Portobello.*

| | |
|---|---|
| Fouille du macadam et dressage de la surface; fourniture et pose d'une couche de béton; tous les matériaux de la voie permanente; pavés neufs jointoyés au ciment et couverts de gravier fin; achèvement du tramway comme il a été spécifié : | |
| Ligne double. . . . 578$^m$,56 à 143$^f$,60. . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 83081,25 |
| Ligne simple. . . . 4634$^m$,00 à 71$^f$,77. . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 332718,75 |
| Fourniture et pose complète de pointes et croisements pour 17 jonctions de lignes simples, comprenant la dépense supplémentaire pour pose de la voie permanente, à 500 fr. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 8500,00 |
| Rétablissement des conduites d'eau et de gaz et autres travaux de réparations; éclairage, surveillance, clôtures temporaires. . . . . . . . . . . . . . . . . . | » » |
| Préparation des estimations, bordereaux de prix, etc., à raison de 1 p. 100. . . . | 4375,00 |
| Dépense totale. . . . . . . . . . . . . . . | 442475,00 |
| Entretien de tous les travaux pendant douze mois après leur ouverture au trafic. | 6250,00 |
| Dépense totale, y compris l'entretien pendant un an. . . . . . . . | 448725,00 |

Les dépenses, en n'y comprenant pas les pointes et croisements, peuvent s'établir ainsi :

| | | | |
|---|---|---|---|
| 603$^m$,24 de voie double | 87131$^f$,25 | ou | 144440 fr. par kilomètre. |
| 4752$^m$,82 de voie simple | 342468$^f$,75 | ou | 72056 fr. par kilomètre. |
| 5356$^m$,06 de voie totale | 429600$^f$,00 | ou en moyenne | 80208 fr. par kilomètre. |

Équivalent à 5960$^m$,30 de voie simple et donnant par suite une dépense de 72077 francs, en moyenne, par kilomètre de voie simple.

*Bordereau de prix.*

| | | |
|---|---|---|
| | fr. c. | |
| Fouille du macadam à la profondeur requise pour la chaussée et le béton, et dressage de la surface. | 2,99 | le m. carré. |
| Fouille à la profondeur indiquée pour le béton, quand la chaussée actuelle doit être enlevée. | 1,49 | — |
| Dressage et nettoyage du béton, quand la couche existante doit être conservée. | 1,49 | — |
| Fourniture et pose d'une nouvelle couche de béton, de $0^m,15$ d'épaisseur, comme il a été indiqué. | 4,49 | — |
| Idem. en remplaçant la chaux par du ciment. | 5,20 | — |
| Fourniture et pose de béton fin de ciment, sur une épaisseur de $0^m,05$ à $0^m,075$ sous les longuerines. | 1,36 | le m. linéaire. |
| Idem. en remplaçant le ciment par de la chaux. | 1,00 | — |
| Jointoyement en ciment, comme il a été indiqué. | 2,21 | le m. carré. |
| Jointoyement en chaux, comme il a été indiqué. | 1,36 | — |
| Enlèvement et mise en dépôt des pavés de la chaussée. | 1,49 | — |
| Enlèvement des pavés de la chaussée, retaille, pose à nouveau, y compris jointoyement avec ciment et recouvrement en gravier fin. | 8,99 | — |
| Fourniture et pose de nouveaux pavés de granit, y compris jointoyement avec ciment et recouvrement en gravier fin. | 19,45 | — |
| Idem. avec des pavés de Whinstone. | 17,95 | — |
| Fer pour rails. | 246,00 | les 1 000 kil. |
| Coussinets en fonte pour les bouts des longuerines. | 184,05 | — |
| Entretoises en fer, de $0^m,051$ sur $0^m,009$. | 344,50 | — |
| Boulons et écrous pour fixer les rails aux longuerines. | 0,66 | le kilogr. |
| Boulons ordinaires et écrous. | 0,77 | — |
| Éclisses. | 344,50 | les 1 000 kil. |
| Longuerines. | 1,96 | le m. courant |
| Fourniture, pose, fixation complète des rails, longuerines, coussinets, entretoises, boulons, etc., pour une ligne simple. | 27,35 | — |
| Idem, mais en prenant les rails fournis par la Compagnie. | 13,67 | — |
| Fourniture et pose d'aiguilles en fonte trempée. | 125,00 | la pièce. |
| Idem, avec aiguille mobile. | 150,00 | — |
| Idem, de croisements. | 125,00 | — |
| Supplément de prix pour établir les jonctions aux points de croisement, pour une seule ligne. | 4,76 | le m. courant. |
| Idem, traversées de lignes, d'aiguille à aiguille, pour une seule ligne. | 4,76 | — |

QUANTITÉS EMPLOYÉES PAR KILOMÈTRE DE LIGNE SIMPLE DE $2^m,44$ DE LARGEUR
ET DÉPENSES ESTIMÉES D'APRÈS LES PRIX DU BORDEREAU.

| MAIN-D'ŒUVRE ET MATÉRIAUX. | QUANTITÉS. | PRIX DE L'UNITÉ. | PRIX par article. |
|---|---|---|---|
| | | fr. c. | fr. c. |
| Fouille du macadam et dressage de la surface. | $2\,436^{m.c.},62$ | 2,99 | 7 285,50 |
| Couche de béton de 0,15 d'épaisseur. . . . . | $2\,436^{m.c.},62$ | 4,49 | 10951,40 |
| Rails de 26 kilogr. au mètre courant. . . . . | 52 000 kil. | 246,00 les 1 000 k. | 12792,00 |
| Boulons et écrous pour les rails. . . . . . . | 3 254 kil. | 0,66 le kilogr. | 2 147,65 |
| Entretoises. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 4 420 kil. | 344,50 les 1 000 k. | 1 522,70 |
| Boulons et écrous pour les entretoises. . . . | 221 kil. | 0,77 le kilogr. | 170,20 |
| Coussinets. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 766 kil. | 184,05 les 1 000 k. | 325,05 |
| Éclisses. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 009 kil. | 344,50 les 1 000 k. | 347,60 |
| Longuerines. . . . . . . . . . . . . . . . . . . | $2000^m,00$ | 1,96 | 3 920,00 |
| Ciment pour longuerines. . . . . . . . . . . | $2000^m,00$ | 1,36 | 2 720,00 |
| Chaussée et jointoyements. . . . . . . . . . | $2\,346^{m.c.},62$ | 17,95 | 42138,00 |
| Dépense totale pour un kilomètre de ligne. . . | . . . . . . | . . . . . . . . . . . | 84320,00 |

Le chiffre de dépense par kilomètre, qui résulte de l'application des prix du bordereau, est plus considérable que la dépense réelle, résultant de l'entreprise. La différence provient en partie du rabais fait sur la première estimation et en partie de ce qu'on a exhaussé le niveau de la route quand on a posé le tramway. En raison de cette dernière circonstance, la profondeur et la quantité de déblais, aussi bien que la fondation en béton, ont, en général, été moindres que dans les estimations normales, comme nous les avons indiquées.

# CHAPITRE II

## TRAMWAYS SUR RUES DE DUNDEE. 1877.

(PLANCHE I.)

En Avril 1877, les membres de la Commission de police du bourg de Dundee passèrent un marché pour la construction de 2,145 mètres de tramways, à voie double, suivant les projets de leur ingénieur, M. William Mackinson I. C.; ces travaux furent achevés en Juillet 1877. La ligne passe entre Dalhousie Terrace et le Bureau général de Poste, le long de Perth Road, Nethergate, Reforme Street et dans Euclid Crescent.

Suivant le système de construction, qui est semblable au plan de M. Hopkins de 1873 et qui est représenté, planche I, des rails à rebords sont fixés sur des longuerines qui reposent elles mêmes sur une couche de béton, et sont maintenues à la largeur de voie au moyen d'entretoises entrant à queue d'aronde dans des coussinets en fonte. La surface est pavée. On a employé deux sections de rails et de longuerines; celui des rails qui est de la plus petite dimension a été placé par l'entreprise sur une longueur de 1428 mètres, entre Dalhousie Terrace et South Tay Street; tandis que le plus pesant va de ce point jusqu'à la Poste sur une longueur de 717 mètres, qui est la partie la plus fréquentée de la route.

Les lignes ont une largeur de voie de $1^m,435$, avec une entre-voie de $1^m,22$ entre les rails. La surface de roulement des rails a, pour le plus fort échantillon, une largeur de $0^m,047$. Le pavage s'étend, en dehors et de chaque côté des lignes, sur une largeur de $0^m,457$. La largeur totale de la double ligne est de $5^m,192$, composée comme il suit :

| | |
|---|---|
| 2 lignes de $1^m,435$ chacune. . . . . . . . . . . . . . . . . | $2^m,870$ |
| 1 entre-voie. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 ,220 |
| 2 accotements de $0^m,457$. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0 ,914 |
| 4 surfaces de roulement de $0^m,047$ chacune. . . . . . . . | 0 ,188 |
| | $5^m,192$ |

En nombre ronds, $5^m,20$.

Les pentes sont les suivantes en commençant par la Poste.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | sur | 100 | sur une longueur de | | 62 | mètres. |
| 1 | — | 451 | — | — | 153 | — |
| 1 | — | 100 | — | — | 183 | — |
| 1 | — | 210 | — | — | 214 | — |
| 1 | — | 50 | — | — | 61 | — |
| 1 | — | 36 | — | — | 44 | — |
| 1 | — | 31 | — | — | 208 | — |
| 1 | — | 47 | — | — | 91 | — |
| 1 | — | 117 | — | — | 121 | — |
| 1 | — | 674 | — | — | 91 | — |
| 1 | — | 134 | — | — | 59 | — |
| 1 | — | 47 | — | — | 90 | — |
| 1 | — | 77 | — | — | 61 | — |
| 1 | — | 133 | — | — | 80 | — |
| 1 | — | 34 | — | — | 152 | — |
| 1 | — | 50 | — | — | 120 | — |
| 1 | — | 121 | — | — | 240 | — |
| 1 | — | 250 | — | — | 115 | — |
| | | | | | 2 145 | mètres. |

Les pentes ne sont pas toutes dans le même sens. Il y a une différence de niveau de 23m,18 entre les deux extrémités du tramway; la Poste est au point le plus bas.

Pour la voie avec rails de 30 kil. au mètre courant, la route était creusée à une profondeur de 0m,35 en dessous du niveau permanent de la chaussée et sur toute la largeur du tramway. Le fond était débarrassé des matériaux trop menus ou inutiles, dressé et battu pour donner une surface solide et uniforme. Sur ce fond, et sur toute la largeur, est placée une couche de béton de 0m,15 d'épaisseur, bien tassée avec un pilon pesant. La composition du béton est la suivante :

| | | |
|---|---|---|
| Pierre de Whinstone, de 0m,05 de dimension maximum, passée sur un tamis à mailles de 0,012 | 2 | mesures. |
| Gravier, pierre de Whinstone écrasée, ou briques cassées à l'anneau de 0m,025 | 2 | — |
| Sable fin de rivière, bien propre | 2 | — |
| Ciment de Portland | 1 | — |
| | 7 | mesures. |

Pour supporter les longuerines, on avait établi sur le béton des bandes de mortier de ciment, composé de deux parties de sable et une de ciment de Portland. Elles étaient épaisses de 0m,025, larges de 0m,178 : cette dernière dimension allait à 0m,23 aux coussinets.

Les longuerines étaient en bois rouge de Riga, Memel ou Saint-Pétersbourg; elles avaient 0m,10 de large, 0m,127 de hauteur et étaient entaillées pour recevoir le rail de 30 kil. au mètre courant; elles avaient 0m,088 de

large et 0m,139 de haut pour le rail de 17 kil. au mètre courant. Leur longueur était d'au moins 6m,40 dans les parties droites; elles étaient ployées ou débitées à la demande des courbes, en longueurs de 3m,66 à 5m,49. Tout le bois était créosoté, à raison de 160 kil. par mètre cube. Les extrémités des longuerines sont assemblées à joint carré et reposent dans des coussinets de 0m,15 de long, placés à des distances de 1m,22 à 1m,52. Ces coussinets sont cloués sur les longuerines au moyen de chevillettes de 0m,009, longues de 0m,063, ayant leurs pointes en biseau et leurs têtes rondes. Des entretoises de fer, de 0m,051 sur 0,009 sont fixées sur les coussinets au moyen d'assemblages à queue d'aronde. Les rails sont en fer; ils pèsent respectivement 17 kil. et 30 kil. par mètre courant. Ils sont laminés par longueurs de 6m,40; cependant 5 p. 100 sur la quantité totale peuvent être en longueurs moindres, mais pas inférieures à 3m,66. Les rails de 30 kil. ont une largeur de 0m,10 et une épaisseur de 0m,034; ils ont une hauteur de 0m,070 sur les rebords; et ces derniers sont hauts de 0m,034 et épais de 0m,015 en moyenne. L'ornière, large de 0m,032 et profonde de 0m,015 a un fond plat; elle est semblable à celle des rails de la vallée de la Clyde et de Glascow. La table de roulement a 0m,047 de large; le rebord intérieur a 0m,020 de large; il est strié à la surface. Les rails de 17 kil. sont larges de 0m,088 et épais de 0m,025; l'ornière a 0m,015 de profondeur et le métal en dessous d'elle 0m,010 d'épaisseur. La hauteur totale des rails est de 0m,048. Ils sont fixés sur les longuerines au moyen d'attaches latérales, ou agrafes, en fer de Lowmoor, comme le montrent les figures; il y en a vingt-et-une pour chaque rail de 6m,40.

Les pointes et croisements sont en fonte trempée, épaisse de 0m,051 et striée en correspondance avec les rails.

Le nouveau pavage se compose de pavés de Whinstone de Pétrodie, larges de 0m,075 à 0m,10, hauts de 0m,18, longs de 0m,15 à 0m,28, avec une bordure de pavés de granit s'étendant sur 0m,15 de chaque côté des rails et sur toute la longueur du tramway. Les vieux pavés, après la retaille, ne devaient pas être plus épais que 0m,124 ni moins hauts que 0m,164. Le pavage était posé sur une couche de 0m,05 de gros sable de Earn et les pavés étaient mis à se toucher; quand il est terminé, il dépasse le niveau des rails de 0m,006 et laisse en dessous de lui une couche de sable épaisse de 0m,018. La surface achevée a une pente transversale de 1/96 de chaque côté et à partir de l'axe du tramway. Le pavage est jointoyé avec une composition formée d'une partie de chaux de Charleston éteinte et de deux parties de sable fin; la surface est recouverte d'un lit de gros sable de rivière.

Les travaux doivent être entretenus par l'entrepreneur, pendant douze mois après que la ligne a été ouverte au trafic; excepté les rails, qui doivent être garantis en bon état pendant deux ans.

Les payements se faisaient mensuellement en raison du travail effectué; on réservait 10 p. 100 comme garantie; et cette somme était remboursée 6 dixièmes à la fin des douze premiers mois, et les 4 autres dixièmes, deux ans après l'achèvement de la ligne.

Les travaux s'exécutaient aux prix du bordereau suivant :

*Tramways sur rues de Dundee. — Bordereau des prix*, 1877.

| | | |
|---|---|---|
| Enlèvement, mise en dépôt des matériaux de la route, y compris les pavés dans les croisements. | $0^f$,72 | le mèt. carré |
| Enlèvement, mise en dépôt, retaille des vieux pavés. | 1 ,49 | — |
| Fouille, transport à l'étang de Magdalen Green, y compris dressage de la surface pour le béton. | 4 ,06 | le mèt. cube |
| Béton au ciment de Portland, posé par couches de $0^m$,15 d'épaisseur. | 36 ,80 | — |
| Mortier de ciment de Portland, sur $0^m$,025 d'épaisseur. | 1 ,49 | le mèt. carré |
| Longuerines en sapin rouge de la Baltique, de $0^m$,10 sur $0^m$,127, en longueurs de $6^m$,40, entaillées pour les rails, éclisses, boulons, coussinets; créosotées et mises en place. | 2 ,02 | le mèt. linéaire |
| *Idem.*, en longueurs de $5^m$,49 à $3^m$,66, ayant $0^m$,15 sur $0^m$,127, débitées suivant les courbes et préparées comme ci-dessus. | 2 ,74 | — |
| Coussinets en fonte pesant 5 kilog. chacun, posés. | 17 ,22 | les 100 kilog. |
| Éclisses en fer de $1^k$,045, avec trous pour boulons. | 30 ,70 | — |
| Entretoises en fer, de $5^k$,085. | 30 ,70 | — |
| Agrafes en fer, pour attaches lattérales. | 43 ,01 | — |
| Rails de 30 kilog., percés pour recevoir les attaches latérales, fixés sur les longuerines. | 7 ,17 | le mèt. courant |
| Rails de 17 kilog., préparés comme ci-dessus. | 5 ,09 | — |
| Rails en fer aux croisements et courbes, disposés suivant les courbes, tous ensemble. | 6 ,84 | — |
| Pointes et croisements en fonte, fixés sur les longuerines, y compris modèles. | 73 ,81 | les 100 kilog. |
| Pavés de la carrière de Pitrodie, placés sur sable. | 13 ,47 | le mèt. carré |
| Pavage, avec pavés retaillés, placés sur sable. | 1 ,49 | — |
| Jointoyement du pavage. | 0 ,72 | — |
| Recouvrement du pavage avec du sable. | 0 ,12 | — |
| Façon, réinstallation des routes macadamisées et des croisements, le long des tramways, entre les accotements pavés et les caniveaux, avec les vieux matériaux. | 0 ,24 | — |
| Entretien des travaux pendant 12 mois, pour chacune des trois sections. | 500 ,00 | |

DÉPENSES POUR 100 MÈTRES DE LIGNE SIMPLE AVEC RAIL DE 30 KILOG. — 1877.

| MAIN-D'ŒUVRE ET MATÉRIAUX. | QUANTITÉS. | PRIX de l'unité. | DÉPENSE |
|---|---|---|---|
| | | fr. | fr. |
| Enlèvement et mise en dépôt des matériaux de la chaussée. | $258^{m.c.},66$ | 0,72 | 186,25 |
| Excavation dans la chaussée. . . . . . . . . . . . . . . | $72^{m.c.},68$ | 4,06 | 295,10 |
| Béton. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 39 ,26 | 36,80 | 1 444,75 |
| Mortier de ciment. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | $31^{m.c.},07$ | 1,49 | 46,30 |
| Longuerines. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | $200^{m},00$ | 2,02 | 404,00 |
| Coussinets. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | $722^{k},540$ | 17,22 (100k) | 124,30 |
| Entretoises. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 366 ,720 | 30,70 (100k) | 112,35 |
| Agrafes . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 111 ,160 | 43,01 (100k) | 47,75 |
| Clous d'entretoises. . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 9 ,270 | 43,01 (100k) | 3,95 |
| Rails de 30 kilog. au mètre courant . . . . . . . . . . . | $200^{m},00$ | 7,17 | 1 434,00 |
| Éclisses. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 33 ,500 | 30,70 (100k) | 10,05 |
| Pavés de Whinstone. . . . . . . . . . . . . . . . . . . | $147^{m.c.},15$ | 13,47 | 1 982,10 |
| Pavés de granit (bordures). . . . . . . . . . . . . . . . | 91 ,43 | 19,45 | 1 778,30 |

En mettant le pavage à part, la voie coûte en nombres ronds 4130 fr. pour 100 mètres, soit 41 fr. 30 par mètre de ligne simple, ou 41 300 fr. par kilomètre de voie simple. La dépense de pavage pour un mètre courant de voie simple est de 37 fr. 60, soit 37 600 fr. par kilomètre. Pour la voie et le pavage ensemble, la dépense est de 78 900 fr. pour une ligne simple ou 157 800 fr. pour une ligne double. Mais par certaines compensations, et en employant ceux des vieux pavés qui étaient utilisables, on comptait que la dépense ne dépasserait pas 332 500 fr. pour 2145 mètres de ligne double, soit en nombre rond 155 000 fr. par kilomètre.

# CHAPITRE III

## TRAMWAYS DE LA CORPORATION DE GLASCOW. 1874-1875.
## SYSTÈME DE MM. JOHNSTONE ET RANKINE.

---

Continuant le système de construction adopté dans la première entreprise pour les tramways, en 1872, et qui a été décrit p. de 27 à 33, les ingénieurs des tramways de la corporation de Glascow, MM. Johnstone et Rankine, ont apporté différentes modifications à leurs projets primitifs, dans les tramways récemment établis, en 1874-75. Dans le courant de la construction, on a graduellement fait des changements dans les travaux décrits au premier marché, pour arriver à ce que nous allons faire connaître et que représente la Pl. II.

Ces changements consistaient : premièrement, dans le remplacement du rail plat par le rail à rebords, pour avoir des attaches latérales.

Deuxièmement, dans l'emploi d'une couche de sable plus mince sous les pavés.

Troisièmement, dans l'abandon de la couche inférieure de béton, c'est-à-dire du béton sous les traverses.

Quatrièmement, dans l'emploi du béton de chaux au lieu de béton bitumeux.

Cinquièmement, dans le jointoyement du pavage avec du bitume au lieu de chaux.

Les voies ont une largeur de $1^m,415$ et une entre-voie de $1^m,205$; le pavage s'étend de chaque côté et au dehors sur une largeur de $0^m,457$. La largeur totale, pour une ligne double, se compose de la manière suivante :

| | |
|---|---|
| 2 largeurs de voie. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | $2^m,83$ |
| 1 entre-voie. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 ,205 |
| 2 accotements pavés. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0 ,914 |
| 4 demi-largeurs de rails (0,047 × 4 =). . . . . . . . . | 0 ,188 |
| Total. . . . . . . . . . . . . . . . . | $5^m,137$ |

Pour une ligne simple, la largeur totale est de $2^m,425$.

Les pentes les plus raides des tramways de Glascow se trouvent dans Renfield Street. En allant vers le nord, depuis Saint-Vincent Street jusqu'à Coweaddens, les pentes sont les suivantes :

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | sur | 27 | sur une longueur de | 88 | mètres |
| | 1 | — | 21 | — | 103 | — |
| | 1 | — | 26 | — | 47 | — |
| | 1 | — | 43 | — | 20 | — |
| | 1 | — | 81 | — | 80 | — |
| | 1 | — | 20 | — | 197 | — |
| Total. . . . . . . | 1 | — | 21 | — | 535 | mètres |

Les pentes dans Great Western Road, à l'ouest de Kelvin Bridge, Hillhead, sont les suivantes :

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | sur | 37 | sur une longueur de | 78 | mètres |
| | 1 | — | 27 | — | 100 | — |
| | 1 | — | 30 | — | 33 | — |
| | 1 | — | 33 | — | 90 | — |
| | 1 | — | 41 | — | 77 | — |
| Total. . . . . . . | 1 | sur | 33 | — | 378 | mètres |

Pour une ligne double, la chaussée était creusée sur une largeur de $5^m,18$, — et, pour une ligne simple, sur une largeur de $2^m,44$ — à une profondeur de $0^m,31$ en dessous du niveau projeté des rails. On enlevait de la fouille les boues, poussières, pierres roulantes, etc., avant de poser le béton et les traverses.

Les rails étaient en fer et du poids de 30 kil. par mètre courant; ils étaient laminés par longueurs de $7^m,32$; sur la quantité totale, 5 p. 100 étaient en longueurs plus courtes. Comme section, ils sont à peu près les mêmes que ceux des tramways de la vallée de la Clyde. Ils ont $0^m,098$ de largeur et $0^m,036$ d'épaisseur; la table de roulement, qui est légèrement bombée, a $0^m,047$ de largeur; l'ornière a $0^m,032$ et sa paroi intérieure $0^m,019$ de large. Elle est à fond plat, profonde seulement de $0^m,017$ et laisse en dessous d'elle une épaisseur de $0^m,019$ de métal. Les prolongements latéraux ont une épaisseur uniforme de $0^m,009$, une hauteur de $0^m,034$, ce qui donne pour le rail une hauteur totale de $0^m,070$. Si on compare ce nouveau rail à l'ancien (*fig.* 25, p. 27), on voit que le poids de 30 kil. par mètre courant étant le même, le métal est bien mieux distribué dans le nouveau; car, s'il est de $0^m,009$ plus mince, il a $0^m,020$ de hauteur de plus que l'ancien, à cause de ses rebords. En outre, en raison de l'aplatissement et du peu de profondeur relative de l'ornière, le nouveau rail, quoique plus mince, conserve néanmoins une épaisseur suffisante sous l'ornière, qui est la partie la plus faible de cette sorte de rail.

Les longuerines sont en sapin rouge du nord, larges de 0m,10 et hautes de 0m,15 ; elles sont entaillées de chaque côté pour recevoir les rebords inférieurs du rail, et n'ont pas moins de 7m,32 en longueur; elles sont assemblées à joints carrés. Dans les courbes, elles sont débitées à la demande des rayons et leur longueur peut être réduite à 4m,27 dans les parties où le rayon est moindre que 24m,40. Les rails étaient appliqués bien exactement sur les longuerines au moyen d'un serre-joint puissant et chaque rail de 7m,32 de long était fixé sur la poutre au moyen d'attaches latérales ou agrafes, placées alternativement de chaque côté et à une distance d'environ 0m,34 l'une de l'autre. Chaque joint de rail est éclissé au moyen d'une plaque de fer, longue de 0m,20, large de 0m,076, épaisse de 0m,009 noyée dans la partie supérieure de la longuerine; et l'extrémité de chaque rail est attachée sur cette dernière au moyen d'un couple d'agrafes. Chaque rail de 7m,32 est fixé par 20 agrafes en tout. Celles-ci sont en fer de Lowmoor et ont une section de 0m,009 sur 0m,015; elles ont une longueur totale de 0m,20, sont recourbées à angle droit à leurs deux bouts; l'extrémité supérieure est taillée en biseau et passe au travers de trous pratiqués dans les rebords ou oreillettes du rail; le bout inférieur est barbelé.

Les traverses sont en sapin rouge du nord, longues de 2m,44 et épaisses de 0m,10; celles qui sont sous les joints ont 0m,18 de large; les autres, intermédiaires, ont 0m,15. Une traverse de joint est placée sous chaque joint des longuerines; pour les joints des rails, les traverses sont placées à une distance maxima de 0m,61 d'axe en axe. Aux autres points, leur distance d'axe en axe ne dépasse pas 1m,10. Les trous des chevillettes ou goujons sont percés à l'avance.

Tout le bois était créosoté à raison de 160 kil. par mètre cube. Les longuerines reposent dans des coussinets solides en fonte, ayant 0m,10 de largeur entre leurs joues, 0m,15 de longueur pour les joints et 0m,10 pour les points intermédiaires. La semelle de chaque coussinet a 0m,25 de longueur ; elle repose sur la traverse qui est dressée pour la recevoir; elle a 0m,018 d'épaisseur et les joues passent de l'épaisseur de 0m,025 à la base à celle de 0m,012 à la partie supérieure. Les coussinets de joint pèsent 9k,535, et ceux intermédiaires 6k,360. Ils sont fixés sur les traverses par des chevillettes en fer de 0m,015, longues de 0m,10, à tête ronde et qui sur 0m,012 à leur extrémité passent du diamètre de 0m,015 à celui de 0m,009. Les longuerines sont maintenues dans les coussinets par des chevilles en chêne comprimé de 0m,015, lancées à travers les joues des coussinets et dans des trous percés dans le bois ; les extrémités de ces chevilles sont sciées au ras des joues.

Après que les traverses, longuerines et rails avaient été placés et

ajustés avec soin sur le fond de l'excavation, les traverses étaient bourrées en dessous avec du béton fin, composé comme il suit :

| | |
|---|---|
| Éclats de Whinstone, brisés à l'anneau de $0^m,012$. . . . . | 3 mesures |
| Sable. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 3 — |
| Ciment romain. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 — |
| Chaux. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 — |
| Total. . . . . . . . . . . . . . . . . | 8 mesures |

Les espaces entre les traverses étaient remplis, jusqu'au niveau de la surface supérieure de ces dernières, au moyen de béton ayant la composition suivante :

| | |
|---|---|
| Pierre de Whinstone, brisée à l'anneau de $0^m,076$, parfaitement débarrassée de boue, argile et poussière. . . . | 6 mesures |
| Sable. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 — |
| Ciment romain. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 — |
| Chaux. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 — |
| Total. . . . . . . . . . . . . . . . . | 9 mesures |

Sur ce lit de béton et par-dessus les traverses, on étendait une couche de béton fin d'une épaisseur telle que son niveau supérieur fût à $0^m,012$ en dessous des pavés. Quand ces derniers avaient $0^m,164$ de queue, l'épaisseur de la couche était d'environ $0^m,031$. Le pavage était placé sur un lit de sable fin, bien propre, d'une épaisseur de $0^m,012$. Il devait être exécuté en pavés granitiques, provenant des carrières de Furness ou Bonawe; ou, au choix de corporation, en granit d'Aberdeen. Il fut réellement tiré en entier des carrières de Furness et Bonawe. Les pavés devaient avoir de $0^m,076$ à $0^m,10$ de largeur, de $0^m,15$ à $0^m,178$ de queue et de $0^m,15$ à $0^m,30$ de longueur. Ils étaient posés en lignes droites et parallèles, perpendiculairement à l'axe du tramway; ils buttaient étroitement contre les rails, et ceux qui recouvraient les coussinets étaient entaillés pour se prêter à leur forme. La surface du pavage était établie avec une pente transversale de 1/48 à partir de l'axe du tramway. Le jointoyement se faisait avec une préparation de bitume anglais, composée de brai pur de coaltar et de goudron ayant un poids spécifique de 0,95. Le goudron devait être employé en quantité suffisante pour produire un coulis plastique; ce dernier était mis en œuvre chaud et les joints en étaient complétement remplis.

Les pointes et croisements sont en fonte, trempée à la surface supérieure, jusqu'à une profondeur d'au moins $0^m,009$.

La comparaison des dessins fait bien clairement ressortir les améliorations, au point de vue économique et pratique, qui ont été réalisées dans la plus récente pratique des tramways de la corporation de

Glascow, par rapport au premier système de construction. On s'est dispensé de la couche inférieure en béton de 0$^m$,10; car on a trouvé que les fonds des excavations étaient suffisamment fermes et solides pour supporter les traverses. De cette manière, on a réalisé aussi une économie sur la fouille, dont la profondeur a été réduite de 0$^m$,10 et portée de 0$^m$,42 à 0$^m$,32 seulemeut.

Dans les premiers travaux et dans les plus récents, on avait pris des précautions pour rendre l'ensemble imperméable; mais on a procédé d'une manière différente. Dans la première construction, on avait eu recours au béton bitumeux mis en fondation; tandis que dans la seconde, on a employé un pavage jointoyé en bitume pour rendre la surface étanche.

L'adoption dans les derniers travaux d'une couche plus mince de sable pour le pavage — 0$^m$,012 au lieu de 0$^m$,032 — était évidemment avantageuse; on avait ainsi un pavage plus résistant qu'on pouvait mieux maintenir au niveau des rails et qui démontre les avantages de la bonne fondation.

Enfin, l'amélioration la plus importante a consisté dans le remplacement du rail plat, avec attache verticale au moyen de boulons, par le rail à rebords avec attaches latérales.

*Tramway de la corporation de Glascow. Bordereau des prix.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Enlèvement de la chaussée et fouille enlèvement de la forme pour les routes pavées. | Ligne double. | 5f ,47 | le mèt. cour. |
| | Ligne simple. | 2 ,73 | — |
| Idem. pour routes macadamisées. | Ligne double. | 5 ,47 | — |
| | Ligne simple. | 2 ,73 | — |
| Fourniture et pose du béton, gros ou fin. | Ligne double. | 15 ,74 | — |
| | Ligne simple. | 7 ,82 | — |
| Charroi, courbure et pose des rails, le tout. | Ligne double. | 2 ,36 | — |
| | Ligne simple. | 1 ,20 | — |
| Coussinets, tout posés. | | 193 ,16 | les 1000 kil. |
| Plaques de joint, toutes posées. | | 332 ,19 | — |
| Tirefonds, tout posés. | | 393 ,71 | — |
| Attaches des rails, toutes posées. | | 1077 ,70 | — |
| Pointes en fonte trempées, toutes posées. | | 150 ,00 | la pièce |
| Croisements en fonte trempés, tout posés. | | 131 ,25 | — |
| Traverses créosotées exposées. | Intermédiaire. | 3 ,95 | — |
| | De joint. | 4 ,35 | — |
| Longuerines créosotées exposées. | | 2 ,57 | le mèt. cour. |
| Chevilles en chêne. | | 0 ,05 | la pièce |
| Fourniture et pose du sable. | Ligne double. | 0 ,98 | le mèt. cour. |
| | Ligne simple. | 0 ,49 | — |
| Retaille et réemploi de pavés. | Ligne double. | 10 ,92 | — |
| | Ligne simple. | 5 ,47 | — |
| Nouveau pavage, tout complet. | Ligne double. | 77 ,98 | — |
| | Ligne simple. | 38 ,94 | — |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Jointoyement en bitume | Ligne double. . . | 16 ,41 | — |
| | Ligne simple. . . | 8 ,21 | — |
| Fouille supplémentaire | | 3 ,27 | le mèt. cube |
| Béton — | | 18 ,80 | — |
| Granit d'Alberdeen pour pavage | Ligne double. . . | 70 ,58 | le mèt. cour. |
| | Ligne simple. . . | 38 ,29 | — |

QUANTITÉS ET DÉPENSES PAR KILOMÈTRE DE VOIE SIMPLE DES TRAMWAYS DE LA CORPORATION DE GLASCOW.

*Dernière construction*, 1874-1875.

| MAIN-D'ŒUVRE ET MATERIAUX. | PAR KILOMÈTRE. | | PAR MÈTRE. | |
|---|---|---|---|---|
| | Quantités. | Dépenses. | Quantités. | Dépenses. |
| *Pour la voie.* | | fr. | | fr. |
| Fouille | 803$^{m.c}$,989 | 2728,00 | 0$^{m.c}$,803 | 2,72 |
| Béton | 298 ,962 | 7844,00 | 0 ,298 | 7,84 |
| Longuerines et traverses | 68 ,101 | 3845,00 | 0$^{m}$,068 | 3,84 |
| Coussinets | 12$^{ton}$,613$^{k}$ | 2514,80 | 12$^{k}$,613 | 2,51 |
| Tirefonds | 664$^{k}$,12 | 261,45 | 0 ,664 | 0,26 |
| Chevilles de chêne | 2192 | 109,20 | 2 ,192 | 0,11 |
| Rails | 57$^{ton}$,552$^{k}$ | 15384,50 | 57 ,552 | 15,38 |
| Plaques de joint | 310$^{k}$ | 103,00 | 0 ,310 | 0,10 |
| Agrafes | 3224$^{k}$ | 3491,30 | 3 ,224 | 3,49 |
| | | 36281,25 | | 36,29 |
| *Pavage.* | | | | |
| Sable | 1000$^{m.c}$,00 | 511,55 | 1$^{m.c}$,00 | 0,51 |
| Nouveau pavage | 1000 ,00 | 38960,00 | — | 38,96 |
| Jointoyement en bitume | 1000$^{m.c}$,00 | 8210,00 | — | 8,21 |
| | | 47681,55 | | 47,68 |
| *Résumé.* | | | | |
| Voie | » | 36281,25 | » | 36,29 |
| Pavage | » | 47681,55 | » | 47,68 |
| Dépense totale | » | 83962,80 | » | 83,97 |

# CHAPITRE IV

TRAMWAYS DE BRISTOL, — DE LEICESTER, — DE SALFORD.
SYSTÈME DE M. KINCAID. 1876-1877.

---

## Tramways de Bristol.

(PLANCHE III.)

Le système le plus récent de tramways, imaginé par M. Kincaid, est représenté dans la planche III, qui montre la construction et les détails des tramways de Bristol, établis en 1876. Les tramways sur rues de Hull ont été établis suivant le même système dans la même année; ceux de Leicester en 1874; enfin plus récemment ceux de Leeds et de Sheffield, en 1876-1877.

La largeur de voie de ces lignes est de $1^m,435$. Les tramways de Bristol, longs de 2 937 mètres, sont à voie unique, avec des pentes maximum de 1 sur 17. La chaussée, qui était en macadam, a été creusée sur une largeur de $2^m,44$ à une profondeur uniforme de $0^m,20$; les fouilles pour les fondations des coussinets, qui sont distants de $0^m,91$ d'axe en axe, ont été poussées à une profondeur de $0^m,38$ en dessous de la surface de la route; elles avaient $0^m,45$ de large et $0^m,40$ de longueur. Le béton employé avait la composition suivante :

| | |
|---|---|
| Gravier fin bien propre, ou pierre cassée à l'anneau de $0^m,025$. . | 3 parties. |
| Sable. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 2 — |
| Chaux d'Aberthaw, nouvellement cuite. . . . . . . . . . . . . . . . | 1 — |
| | 6 parties. |

Les trous étaient remplis de béton sur une hauteur totale de $0^m,20$; les semelles des coussinets y étaient plongées à une profondeur de $0^m,075$ en dessous de la surface supérieure du béton. Il y avait également du béton appliqué sous toute la largeur de chaque rail; il donnait dans une certaine mesure une surface d'appui à ce rail; mais, en réalité, il avait pour objet de remplir l'espace sous le rail, et de le mettre à l'abri de l'eau.

Les rails sont en fer, et proviennent, par laminage, d'un seul lingot du meilleur fer malléable de mine, n° 2; ils pèsent $21^k,500$ par mètre courant, avec cette tolérance que leur poids pouvait varier entre $21^k$ et $22^k$. Ils mesurent $7^m,32$ de longueur; toutefois sur le nombre, 5 pour 100 devaient être en longueurs moindres. Ils sont larges de $0^m,088$, et épais de $0^m,014$ sous la table et l'ornière; ils ont deux rebords latéraux ou oreillettes, un de chaque côté, hauts de $0^m,059$ et dont l'épaisseur, progressivement variable, est de $0^m,011$ à la partie inférieure. La table de roulement a $0^m,041$ de large, l'ornière $0^m,035$ et le rebord intérieur $0^m,013$ à sa partie supérieure où il est strié. L'ornière a ses parois inclinées; celle du dehors a la plus grande pente. La table du rail est plate, mais légèrement inclinée vers le centre du rail, où elle a une surélévation de $0^m,0015$. Avec une pareille configuration, le contact des roues avec la table se localise sur l'arête intérieure de cette table; le poids est en conséquence reporté entièrement dans la partie médiane de la largeur du rail; on remédie ainsi aux efforts de torsion ou de déversement qu'occasionne la charge se reportant sur le côté; et c'est un point d'une importance toute spéciale pour la stabilité d'un rail suspendu, c'est-à-dire portant sur des points d'appui isolés.

Les coussinets en fonte ont des bases rectangulaires, larges de $0^m,355$ longues de $0^m,305$ et épaisses de $0^m,018$; elles sont à $0^m,254$ en contrebas de la surface des rails. Comme ces derniers, les coussinets ont $0^m,088$ de largeur à la partie supérieure, et donnent une surface d'appui longue de $0^m,088$ dans les points intermédiaires et de $0^m,178$ aux joints. Ils sont placés à $0^m,91$ de distance d'axe en axe. Les rails sont fixés sur les coussinets au moyen d'agrafes placées de chaque côté; ces dernières, du meilleur fer demi-rond du Staffordshire, s'engagent dans des trous percés dans les rails et sont enfoncées dans des chevilles de bois dur, introduites de force dans des trous menagés dans les têtes des coussinets. A chaque bout de rail, il y a deux agrafes de chaque côté pour faire le joint; pour chaque rail de $7^m,32$ il y en a 22 en tout, onze de chaque côté. Les trous des chevilles dans les coussinets sont légèrement coniques; à leurs extrémités les plus larges, ils ont $0^m,043$ de diamètre pour les coussinets de joint et $0^m,034$ pour ceux qui sont intermédiaires.

Les pointes et croisements sont en fonte, avec des aiguilles mobiles en fer forgé. Leurs surfaces supérieures sont dressées à la lime. Il y a trois coussinets de fonte à chaque pointe et deux à chaque croisement.

Toutes les fontes proviennent de fort fer gris, n° 1.

Le pavage se compose de pavés granitiques, de $0^m,127$ de queue, posés sur la largeur de $2^m,44$ sur une couche de gravier épaisse de $0^m,075$ et répandue sur le fond de l'excavation. Il était jointoyé avec un mortier

liquide contenant six parties de sable fin pour une de chaux fraîchement cuite; il était battu avant le coulage du mortier et battu encore après.

DÉPENSE ACTUELLE, POUR UN KILOMÈTRE DE VOIE SIMPLE DES TRAMWAYS DE BRISTOL. (SYSTÈME DE M. KINCAID, 1876.)

| | fr. c. |
|---|---|
| Rails laminés de 21k,500 environ au mètre courant, 42ton,939k à 184f,55. . . | 7 924,20 |
| Coussinets en fonte, 49ton,885k à 163f,28. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 8 145,50 |
| 2 486 chevilles de bois, à 112f,50 le mille. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 279,70 |
| 6 280 agrafes en fer, à 0f,20 chaque. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 256,00 |
| Pose de la voie, y compris fouille et béton, à 9f,57 le mètre courant. . . . | 9 570,00 |
| Dépense pour la voie. . . . . . . . . . . . . . | 27 175,40 |
| Fourniture et pose du pavage de granit, y compris la couche de gravier et le jointoyement, 2 284m q,49 à 17f,95. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 41 019,00 |
| Total par kilomètre. . . . . . . . . . . . . . | 68 194,40 |

Les travaux devaient être maintenus en bon état d'entretien pendant les six mois qui suivaient l'achèvement de la ligne et son ouverture au trafic. Les payements étaient mensuels; on faisait une retenue de 10 pour 100 jusqu'à la fin de l'entreprise.

## Tramways de Leicester.

Indépendamment des 7 kilomètres de tramways construits en 1874, la Compagnie des tramways de Leicester a (en Octobre 1877) passé un marché pour la construction de huit autres kilomètres de tramways suivant le système de M. Kincaid. Les rails doivent être en acier Siemens laminé, et peser 23k,500 par mètre courant. Les agrafes sont en fer de Lowmoor. Voici quelques détails sur l'entreprise.

DÉPENSE DES NOUVELLES LIGNES DE TRAMWAYS DE LEICESTER (SYSTÈME KINCAID) PAR KILOMÈTRE DE VOIE SIMPLE.

| | |
|---|---|
| Rails laminés en acier Siemens, pesant environ 23k,500 par mètre courant, 46ton,727k à 206f,05. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 9 628,20 |
| Coussinets en fonte, de Kincaid, 47ton,358k à 96f,55. . . . . . . . . . . . . | 4 572,70 |
| Agrafes en fer de Lowmoor et chevilles. . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 553,75 |
| Cinq couples de pointes en acier fondu. . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 776,90 |
| Pose de la voie, y compris la fouille pour le pavage, pour la voie et le béton, à 6f,99 le mètre courant. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 6 991,90 |
| Dépense pour la voie. . . . . . . . . . . . . . | 23 523,45 |
| Fourniture et pose d'un pavage en granit du Leicestershire, sur une largeur de 2m,44 et comme il suit: pavés de 0m,15 sur 0m,10 en dehors des rails et un rang en dedans des rails; sur le reste de la surface, pavés d'au moins 0m,10 de queue sur 0m,10 de côté; à 20f,20 le mètre courant. . . . | 20 200,00 |
| Dépense totale pour la voie et le pavage . . . . . . . | 43 723,45 |
| A ajouter pour les ingénieurs et les charges légales. . . . . . . . . . . . | 2 890,00 |
| Total par kilomètre de voie simple. . . . . . . . . . | 46.613,45 |

### Tramways de la Corporation de Salford.

Le développement le plus récent du système de M. Kincaid nous est donné dans les tramways de Salford, construits dernièrement sur les plans de M. Alfred Fowler, ingénieur-arpenteur du bourg, et dont les détails sont indiqués dans les figures 49-50-51. Les détails du rail et de l'attache ont été spécialement étudiés par M. Fowler. Les tramways se composent de deux lignes; une ligne double depuis Albert Bridge jusqu'à Pack Horse Inn, sur une longueur de 2 963 mètres; et une ligne simple, dans Bury New Road, entre Kersal Tollbar et Grove Inn sur 2 049 mètres. Les chaussées étaient, en partie pavées, en parties macadamisées.

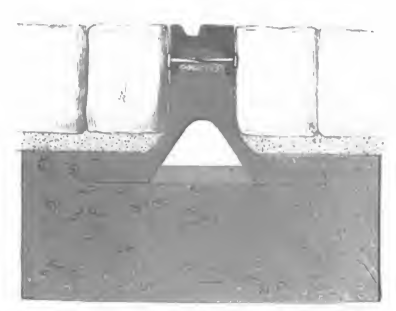


Fig. 49. — Tramways de la Corporation de Salford. Système Kincaid, modifié par M. A. M. Fowler. Échelle 1/8.

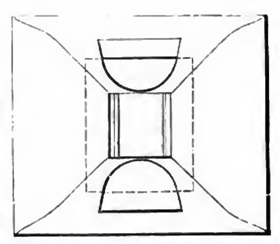


Fig. 50. — Tramways de la Corporation de Salford. Plan du coussinet. Échelle 1/8.

Les rails ont été placés à une largeur de voie de 1m,435 avec une entre-voie de 1m,22 entre les deux lignes de la double voie. La largeur totale d'une ligne double, en y comprenant deux accotements, de 0m,457 de large, est de 5m,184, composés comme il suit :

| | |
|---|---|
| 2 voies de 1m,435 | 2m,87 |
| Entre-voie | 1 ,22 |
| 2 accotements de 0m,457 | 0 ,914 |
| 4 demi-largeurs de rail (0,045 × 4) | 0 ,18 |
| | 5m,184 |

Pour une ligne simple, la largeur totale est de 2m,44.

Le pavage est relevé, ou le macadam est creusé, à une profondeur uniforme de 0m,20 sur toute la largeur de 5m,18 pour une ligne double, ou de 2m,44 pour une ligne simple. Des trous pour les fondations des coussinets sont pratiqués à 0m,91 de distance d'axe en axe et jusqu'à une profondeur de 0m,38 au-dessous de la surface ou du niveau des rails. Ils ont 0m,45 de long et 0m,50 de large au fond.



Fig. 51. — Tramways de la Corporation de Salford. Section du rail. Échelle 1/2.

Le béton, bien mélangé ou malaxé sur une plate-forme de bois, est employé tout frais; il a la composition suivante :

| | |
|---|---|
| Gravier fin bien propre, pierre cassée ou macadam, à l'anneau de 0m,025. . | 4 mesures |
| Ciment de Portland, le meilleur. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 mesure |
| | 5 mesures |

Les trous, creusés pour les fondations de coussinets, sont remplis de béton dans lequel ces coussinets sont fixés et mis de niveau; le béton est battu en dessous et autour de chacun d'eux. Chaque bloc de béton a 0m,45 sur 0m,50 sur une hauteur de 0m,20 et la partie inférieure de la semelle du coussinet est enfoncée à 0m,04 en dessous de la face supérieure du bloc. On remplit de béton l'espace compris sous les rails entre deux coussinets en le fermant d'un côté du rail et battant le béton de l'autre côté avec des pilons de bois, de manière à le faire pénétrer dans le vide qu'il s'agit de remplir.

Les coussinets ont leur partie inférieure à 0m,215 en dessous de la surface du rail. La semelle a une épaisseur moyenne de 0m,025; les parois ont une épaisseur minima de 0m,018. Le corps d'un coussinet intermédiaire a une surface d'environ 0mq,0022, tandis que la tête, qui prend le rail, est légèrement démaigrie et a 0m,063 de largeur. Cette dernière est plate au sommet et reçoit le rail qui présente lui-même une surface d'appui également plate. Les coussinets intermédiaires pèsent 21k,800 et ceux de joint 30k,900 chacun. Les trous de chevilles, pratiqués dans leurs têtes, sont coniques; ils ont 0m,025 de diamètre à leur extrémité la plus large; ils sont remplis avec des chevilles de frêne.

Les rails en fer sont laminés; on les a composés de paquets de barres de fer puddlé fait avec de la fonte crue; ils sont granulaires en dessus et fibreux en dessous, doivent peser 25 kil. par mètre courant et être laminés en longueurs de 7m,32. Sur le nombre, 5 p. 100 sont en longueurs plus courtes, mais pas inférieures à 3m,66. On devait rejeter les

rails pesant moins de 25 kil. ou plus de 26 kil. Ils ont $0^m,088$ de large et $0^m,070$ de hauteur totale avec une épaisseur maxima de $0^m,034$. La table ou surface de roulement a $0^m,044$ de largeur; l'ornière $0^m,031$ de large et $0^m,019$ de profondeur; le rebord extérieur, large de $0^m,013$ à la surface, est profondément strié à raison de 50 rainures par mètre courant. La surface de la table est plate et inclinée de telle manière qu'au centre du rail elle est de $0^m,003$ plus élevée qu'au bord. On est ainsi certain, comme on l'a remarqué pour le rail de M. Kaincaid à Bristol, que les roues des cars porteront au milieu ou sur la ligne centrale des rails.

Dans chaque rail de $7^m,32$ sont percés 18 trous, deux par deux, à distance de $0^m,91$ et par lesquels les rails sont fixés sur les coussinets au moyen de chevillettes de $0^m,009$, longues de $0^m,057$ à partir de la tête et pointues sur une portion de leur longueur. Elles devaient être de la meilleure qualité et d'excellente fabrication, pouvoir être pliées à froid suivant un angle droit sans rupture ni déchirure. Les rails et les coussinets étaient fortement serrés les uns contre les autres au moyen d'un serre-joint pendant qu'on enfonçait les chevillettes. Ces dernières ont été placées de telle manière dans la partie supérieure des trous à chevilles et enfoncées de telle sorte que, par leur action, le rail était rendu bien à demeure sur le sommet du coussinet. Ici, l'agrafe habituellement employée a été remplacée par une chevillette qui agit directement, suivan. une des formes décrites dans le brevet pris par M. Kaincaid, en 1876. Les têtes des chevillettes ont $0^m,006$ d'épaisseur et font saillie d'autant sur les faces des coussinets qui, sans cela, donnent des surfaces planes pour la buttée des rangs de pavés.

Les pointes ou aiguilles ont $2^m,44$ de long; elles sont en fonte trempée, en acier fondu écroui ou en acier forgé de Vicker. Les croisements se font en coupant bien exactement les rails ordinaires suivant l'angle requis, de manière à ce que ceux-ci s'adaptent bien juste contre les rails de la voie qu'il s'agit de traverser. A la jonction, les rebords en contact sont boulonnés ensemble avec des boulons de $0^m,012$.

Le pavage se compose de pavés de granit de $0^m,15$ de queue posés sur une couche de sable de $0^m,05$ d'épaisseur.

Tout le travail doit être entretenu pendant douze mois après son achèvement, excepté les rails pour lesquels le délai est de deux ans.

La dépense, non compris le pavage, a été de 29 910 francs par kilomètre de voie simple.

# CHAPITRE V

## TRAMWAYS DE SOUTHPORT. — TRAMWAY DE WIRRAL PAR M. C. H. BELOE. (NOUVEAUX SYSTÈMES DE M. BELOE.)

(PLANCHE IV)

Les tramways de Southport, ouverts en 1873 et dont M. Charles H. Beloe est l'ingénieur, se composent d'une ligne simple de 6 436 mètres de long, construite avec des rails en fer et à rebords fixés sur des longuerines qui sont elles-mêmes posées sur des traverses noyées dans du béton; la voie a 1$^m$,435 de large; la pl. IV en représente les dispositions. Le terrain était creusé sur une largeur de 2$^m$,44 à une profondeur uniforme de 0$^m$,31 en dessous de la surface de la chaussée. Une fondation en béton de 0$^m$,075 était étendue sur tout le fond.

Le béton avait la composition suivante :

| | |
|---|---|
| Pierre cassée. | 3 mesures. |
| Gros sable, ou gravier fin. | 1 — |
| Chaux de calcaire bleu du lias. | 1 — |
| | 5 mesures. |

Sur cette base, on plaçait des traverses en pitchpin, larges de 0$^m$,15 et épaisses de 0$^m$,075, à des distances de 1$^m$,83 d'axe en axe. Des longuerines du même bois, larges de 0$^m$,075 et hautes de 0$^m$,15 étaient posées sur les traverses, y pénétraient de 0$^m$,025 et étaient attachées avec quatre crampons à chaque intersection. Aux joints des longuerines, on a employé des sabots en fonte pour les réunir aux traverses au moyen de goujons.

Les rails, du poids de 20 kil. au mètre courant, ont 0$^m$,075 de largeur et 0$^m$,031 d'épaisseur; en tenant compte des rebords latéraux à leur partie inférieure, ils sont hauts de 0$^m$,057. La largeur a été limitée à 0$^m$,075, parce qu'on a pensé qu'un rail de cette dimension causerait moins de gêne au trafic ordinaire qu'un rail de la largeur habituelle de

0$^{m}$,10; en outre, la dépense de premier établissement est moindre. Les rails sont fixés aux longuerines au moyen de crampons ou agrafes, situés à 0$^{m}$,91 de distance les uns des autres, et de part et d'autre du rail. Pour les joints, il y a deux couples de crampons à l'extrémité de chaque rail. Une éclisse en fer de 0$^{m}$,38 de long sur 0$^{m}$,057 de large et 0$^{m}$,015 d'épaisseur est placée sous ces joints.

Quand les rails et les longuerines avaient été amenés au niveau des rues, l'espace compris entre les traverses était rempli, jusqu'à 0$^{m}$,05 au-dessus d'elles, avec du béton auquel on donnait une surface uniforme, à 0$^{m}$,115 au-dessous de la surface de niveau extrême. Les traverses se trouvaient ainsi enveloppées d'une masse de béton, épaisse de 0$^{m}$,20. Sur un lit de sable de 0$^{m}$,012, on plaçait, pour faire le pavage, des pavés cubiques de 0$^{m}$,10 et on les jointoyait.

TRAMWAYS DE SOUTHPORT. — QUANTITÉS ET DÉPENSES POUR UN KILOMÈTRE DE VOIE SIMPLE. 1873.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Fouille, sur 2$^{m}$,44 de large. — Macadam, | | | fr. | fr. | |
| épais de 0$^{m}$,075. . . . . . . . . . . . . | 2 439$^{m.q}$,12 | à | 0,31 | 759,54 | |
| Fondations inférieures, épaisses de 0$^{m}$,241. | 588$^{m.c}$,34 | à | 1,63 | 961,78 | |
| Nivellement du fond de la fouille. . . . . | 2 439$^{m.q}$,12 | à | 0,06 | 151,91 | fr. |
| | | | | | 1 873,23 |
| Béton sur une épaisseur de 0$^{m}$,20, déduction faite des traverses. . . . . . . . . | 470$^{m.c}$,95 | à | 14,71 | | 6 929,00 |
| Bois. — Longuerines en pitchpin, de 0$^{m}$,15 sur 0$^{m}$,075, en longueurs de 6$^{m}$,40. . . | 2 000$^{m.l}$,00 | à | 1,709 | 3 418,27 | |
| Traverses entaillées, placées à 1$^{m}$,83 et longues de 2$^{m}$,135. . . . . . . . . . . . | 1 166$^{m}$,00 | à | 1,709 | 1 994,23 | |
| | | | | | 5 412,50 |
| Rails de fer de 6$^{m}$,40 de long, à 20 kil. environ par mètre courant.. . . . . . . | 39 783$^{k}$ | à | 319,85 | | 12 725,60 |
| Crampons : | | | | | |
| Courts, 4 à chaque joint (soit, 1 248 de 0$^{k}$,113). . . . . . . . . . . . . . . . | 142$^{k}$ | à | 0,59 | 83,90 | |
| Longs, 4 à chaque joint, 1 248 | | | | | |
| Longs, 4 par 0$^{m}$,91, 4 375 | | | | | |
| Soit. . . . . . . 5623 à 0$^{k}$,127. | 726$^{k}$ | à | 0,59 | 428,85 | |
| Recourbés, 4 par traverse (excepté aux joints longitudinaux), 391 × 4 = 1 564 à 0$^{k}$,142. . . . . . . . . . . . . . . . | 221$^{k}$ | à | 0,59 | 130,50 | |
| | | | | | 643,25 |
| Sabots doubles : 2 à chaque joint longitudinal, 312 × 2 = 624 à 2$^{k}$,420 chaque. | 1 531$^{k}$,26 | à | 0,344 | | 527,50 |
| Chevilles en chêne : 6 par joint longitudinal, 312 × 6 = 1872. . . . . . . . . . . | » | à | 150,00 | le mille | 280,80 |
| Éclisses : 312 à 2$^{k}$,660. . . . . . . . . . . . | 840$^{k}$ | à | 0,32 | | 268,80 |
| Fouille et matériaux pour tramway. . . . . . . . | | | | | 28 660,68 |
| *A reporter.* . . . . . . | | | | | 28 660,68 |

| | | | | | fr. |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | *Report.* . . . . . . . . | | 28 660,68 |
| Pavage, 2 286$^{mq}$,70 : | | | | | |
| Pavés de granit. . 9$^{f}$,20 le m. carré<br>Pavage. . . . . . . 0 ,48 —<br>Jointoyement. . . . 0 ,72 —<br>Sable. . . . . . . 0 ,10 — | 2 286$^{mq}$,70 | à | 10,50 | | 24 000,00 |
| Raccordement du nouveau pavé avec le vieux. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 000$^{m}$,00 | à | 0,6836 | | 683,65 |
| Main-d'œuvre de pose du tramway. . . . | 1 000$^{m}$,00 | à | 1,506 | 2 506,70 | |
| Main-d'œuvre pour les entailles pour les éclisses. . . . . . . . . . . . . . . . . | 312 | à | 0,42 | 130,00 | |
| | | | | | 2 636,70 |
| Charroi des rails et éclisses, sabots, crampons, chevilles, bois, pavés. Poids total. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 561 382$^{k}$ | à | 1,84 | | 1 036,00 |
| Éclairage, surveillance et faux frais. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | | | | | 1 554,00 |
| Dépense totale. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | | | | | 58 570,98 |
| A déduire : vieux matériaux. . . . . . . . . . . . . . . . | | | | | 637,00 |
| Dépense nette. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | | | | | 57 933,98 |

En nombres ronds, 58 000 francs par kilomètre.

Le tramway de Wirral (Birkenhead, Tranmere, Rock-Ferry et New-Ferry) est une ligne simple de 4827 mètres de long, y compris les croisements. Il a été construit sur les projets de M. Beloe, comme ingénieur, et ouvert en 1877. Dans cette ligne, large de 1$^{m}$,435, qui est représentée dans la Pl. IV, l'ingénieur a simplifié matériellement la construction, comparativement à la ligne de Southport. Les rails sont posés sur des longuerines, fixées dans du béton et reliées par des entretoises. L'ingénieur a été poussé au choix de ce système de construction, où les entretoises remplacent les longuerines, par le désir de maintenir intacte la fondation déjà existante. Elle se composait d'un stratum de quartiers de rochers ou pierres grossières rangées à la main, et ayant une épaisseur de 0$^{m}$,25. Si l'on avait eu recours aux traverses, il aurait fallu entamer ce blocage à une profondeur qui aurait affaibli la fondation. Mais quoique la dépense ait été considérablement diminuée par l'emploi d'entre-toises au lieu de traverses, l'ingénieur a regretté de n'avoir pas enlevé le vieux blocage et de ne l'avoir pas remplacé par une fondation de béton sur toute la largeur du tramway (1).

Les rails sont en acier, plus larges et plus pesants que ceux de Southport. Ils ont 0$^{m}$,10 de large, pèsent 26 kilog. par mètre courant et sont laminés en longueurs de 6$^{m}$,40. Ils sont épais de 0$^{m}$,035 avec des rebords latéraux hauts de 0$^{m}$,023, ce qui donne une hauteur totale de 0$^{m}$,058. En améliorant le rail de Southport, M. Beloe avait observé que ce dernier

(1) *Proceedings of the Institution of Civil Engineers,* vol. I, p. 41.

n'avait pas une rigidité suffisante. Les rails sont appliqués sur des longuerines de $0^m,10$ de large et $0^m,25$ de haut auxquelles ils sont attachés par des crampons en fer forgé, au nombre de 10 par chaque rail; ces crampons sont distants de $1^m,82$ de chaque côté, excepté près des joints des rails où ils sont plus rapprochés les uns des autres.

Les extrémités des longuerines sont logées dans des coussinets en fonte, longs de $0^m,23$, reliés ensemble par des entre-toises de $0^m,018$ qui s'appuient par un épaulement sur les faces intérieures des coussinets, les traversent ainsi que les longuerines, et sont fixées du côté extérieur au moyen d'écrous. Les longuerines sont également reliées par trois entre-toises intermédiaires qui les traversent et sont boulonnées extérieurement.

Le sol était creusé à une profondeur uniforme de $0^m,19$ au-dessous de la surface permanente; en outre, deux tranchées longitudinales de $0^m,30$ de large sur $0^m,075$ de profondeur, étaient pratiquées sous les longuerines, où la profondeur totale est de $0^m,265$. Quand les rails et longuerines étaient ajustés à leurs places, tout le fond de l'excavation de même que les tranchées sous les longuerines étaient remplis de béton jusqu'à une hauteur de $0^m,075$ au-dessus du fond; les longuerines étaient ainsi encastrées sur une profondeur de $0^m,075$ et il restait $0^m,115$ pour le pavage. Ce dernier se composait de pavés cubiques de $0^m,10$ de côté, posés sur un lit de sable de $0^m,015$.

TRAMWAY DE WIRRAL. — QUANTITÉS ET DÉPENSES POUR UN KILOMÈTRE DE VOIE SIMPLE. 1877.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Fouille sur $2^m,44$ de large : | | | fr. | fr. | |
| Macadam sur $0^m,075$ de haut. . . . . . | $2\,439^{m.q},12$ | à | 0,75 | 1833,45 | |
| Fondation inférieure de la route. . . . . | $317^{m.c},45$ | à | 6,56 | 2082,00 | |
| Nivellement du fond. . . . . . . . . . . | $2\,439^{m.q},12$ | à | 0,13 | 317.00 | fr. |
| | | | | | 4232,45 |
| Béton. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | $209^{m.c},10$ | à | 14,71 | | 3076,45 |
| Bois. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | $352^{m.c}$ | à | 11,03 | | 3882,60 |
| Rails à 26 kilogr. environ par m. courant. | $53\,232^k$ | à | 209,28 | | 11140,50 |
| Crampons. . . . . . . . . . . . . . . . . | $473^k$ | à | 0,56 | | 264,15 |
| Coussinets. . . . . . . . . . . . . . . . . | $3\,030^k$ | à | 148,67 | | 450,60 |
| Eclisses. . . . . . . . . . . . . . . . . . | $978^k$ | à | 222,25 | | 217,50 |
| Entre toises. . . . . . . . . . . . . . . . | $3\,220^k$ | à | 342,55 | | 1103,20 |
| Fouille et matériaux pour le tramway. . . . . . . . . . . . . . | | | | | 24367,45 |
| Pavage : | | | | | |
| Pavés de granit. . . . . . . . . . . . . | $47\,930^k$ | à | 35,07 | | 16811,70 |
| Pose, jointoyement et sable. . . . . . . | $2\,234^{m.q},70$ | à | 2,58 | | 5780,00 |
| Raccordement entre le vieux et le nouveau pavage. . . . . . . . . . . . . | $1\,000^m,00$ | à | 0,57 | | 574,80 |
| Main-d'œuvre de pose du tramway. . . . . | $1\,000^m,00$ | à | 3,41 | | 3418,30 |
| Charroi des rails, éclisses, coussinets, crampons, entre-toises, bois, pavés. . . | $559\,500^k$ | à | 2,47 | | 1382,85 |
| Dépense totale. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | | | | | 52334,30 |

M. Beloe a récemment fait breveter un système de rail double — qu'on pourrait appeler *rail géminé* — boulonné sur des coussinets en fonte qui reposent eux-mêmes sur des traverses; il est représenté dans les *fig.* 52 à 55. Les rails sont en acier et pèsent 15 kilog. chacun au mètre courant, soit, pour les deux, 30 kilog. au mètre courant.

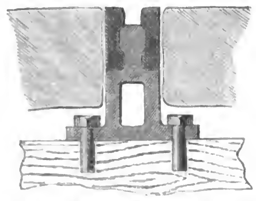


Fig. 52. — Nouveau système à double rail de M. C. H. Beloe. Échelle 1/12.

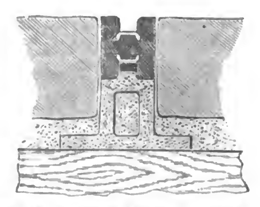


Fig. 53. — Nouveau système à double rail de M. C. H. Beloe. Échelle 1/12.

Ils ont $0^m,088$ de haut; chacun a $0^m,025$ de large à la surface de roulement; ils sont séparés par un espace vide formant une ornière de $0^m,025$; ce qui donne une largeur totale de $0^m,075$ et une surface totale de roulement de $0^m,05$ de largeur. Les rails sont fixés sur les coussinets en fonte au moyen d'un boulon de $0^m,018$ filleté en sens inverse à ses extrémités,

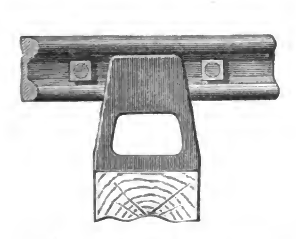


Fig. 54. — Nouveau système à double rail de M. C. H Beloe. Échelle 1/12.



Fig. 55. — Nouveau système à double rail de M. C. H. Beloe. Section du rail de 15 kil. au mètre courant. Échelle 1/2.

et portant en son milieu une tête à quatre ou six pans, à l'aide de laquelle les rails sont serrés l'un contre l'autre. Les coussinets ont une forme convenable pour donner aux rails une surface d'appui légèrement inclinée, et s'adapter aux parties évidées ou cannelées que présentent ceux-ci, de manière à avoir une union complète. Les parties extérieures des rails sont plates, affleurent des deux côtés le corps du coussinet de

façon à présenter deux surfaces verticales pour la buttée des rangées de pavés. L'espace compris entre les rails et les coussinets est rempli de béton et terminé par une couche d'asphalte placée entre les rails géminées; cette dernière est destinée à former le fond de l'ornière qui est ainsi à une profondeur de 0m,063.

La *fig*. 56 montre une méthode de construction inverse, où les parties cannelées des rails géminés sont tournées en dehors. Dans cette disposition, on peut employer un boulon et un écrou ordinaires, pour fixer les rails, parce que la tête et l'écrou du boulon peuvent être contenus dans les cannelures ou évidements sans toucher au pavage.

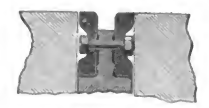


Fig. 56. Nouveau système à double rail de M. C.-H. Beloe. Echelle 1/12.

M. Beloe prétend que son système a les avantages suivants : il économise la dépense des longuerines, puisque le rail se porte lui-même; la distribution du métal est la même que dans le rail à double champignon; les rails ayant cette section se laminent facilement; on a les moyens de serrer leurs attaches au moyen de la vis à double extrémité, sans toucher au pavage. On peut changer le sens des rails quand une des têtes est usée. Un rail léger, à un seul champignon, pèserait 10k,500 par mètre courant, ou 21 kilog. pour les deux; la section la plus lourde qu'on a proposé d'employer pèserait 30 kilog. au mètre courant pour les deux rails. Les pointes et croisements peuvent s'obtenir en forgeant les rails; on est ainsi dispensé d'employer la fonte, comme matière pour ces parties.

M. Beloe a récemment imaginé un nouveau boulon d'attache pour remplacer la vis à double queue; il s'enlève plus facilement en cas de ruptures.

# CHAPITRE VI

## TRAMWAYS DE LA CORPORATION DE MANCHESTER. — SYSTÈME BARKER. 1877

(PLANCHE V)

La première entreprise pour les tramways de la Corporation de Manchester a été terminée le 8 mai 1877, et les lignes ont été ouvertes le 12 du même mois. Elles se composent de trois sections, comme il suit :

1° Lower King Street, Bridge Street, conduisant à Salford et Pendleton ;

2° Deansgate, se terminant dans Manchester;

3° Hunts Bank, Bury New Road, allant aux limites de la cité et conduisant à Higher Broughton.

La longueur totale est de 3 216 mètres, comprenant 804 mètres de voie double, et 2 412 mètres de voie simple. La pente maximum sur la ligne est de 1/40 ou $0^{m},025$ par mètre. Après six mois d'exploitation de la ligne simple établie dans Bury New Road, on trouva qu'on ne pouvait l'exploiter avec avantage à l'état de ligne simple, et on a proposé de construire sur cette route une seconde voie du système Barker, lequel devra être étendu aux autres lignes dépendant de la Corporation de Manchester. Ce système est également adopté pour les lignes en cours d'exécution à Patricroft; et pour celles de Newton Heath, Levenshulme, Openshaw et autres lieux.

Les lignes de Manchester ont été construites sous la surintendance de M. J. H. Lynde. I. C. suivant le système de voie métallique, représenté dans la planche V, et pour lequel M. Benjamin Barker avait pris un brevet, en Mars 1876. Les particularités caractéristiques de ce système sont les longuerines en fonte qui donnent une surface d'appui continue pour le rail et les lignes de pavés voisines; et le rail à ornière dont la partie inférieur présente des espèces de dents ou entailles dans le sens longitudinal, et est munie d'un rebord central ou âme, par lequel il est attaché sur la longuerine au moyen de clavettes.

Comme section, la longuerine ressemble au rail ordinaire de ponts en usage sur les railways; mais ses dimensions sont plus grandes. Elle se compose : 1° d'une partie verticale creuse, large de 0m,075, terminée par une tête solide faite de manière à s'adapter au rail et à le porter; 2° de deux rebords horizontaux larges de 0m,10 à 0m,112 constituant en tout une large base continue de 0m,30 d'étendue transversale. La hauteur totale de la longuerine et du rail combinés est de 0m,187: la hauteur libre au-dessus des rebords est de 0m,172; elle laisse un espace de 0m,022 pour la couche de sable sur laquelle doivent reposer les pavés qui ont 0m,15 de queue et sont contigus au rail. Les longuerines sont fondues par longueurs de 0m,90 et rendues plus rigides par deux renforts transversaux ménagés entre les parois. L'épaisseur du métal de la longuerine est de 0m,012, excepté pour les rebords horizontaux qui ont 0m,015 à leur base près des montants verticaux et qui vont en diminuant jusqu'à n'avoir plus que 0m,009 à leurs extrémités; il faut aussi excepter la tête qui est suffisamment massive pour donner au rail un point d'attache et d'appui bien solide, et une paroi résistante de chaque côté, pour la buttée des rangs de pavés. La fonte se composait de fer refondu, contenant au moins un sixième de vieux métal. Chaque fois qu'on coulait, on fabriquait du même coup deux barres d'essai, larges de 0m,025, hautes de 0m,050 et longues de 1m,06. L'une d'elles, posée de champ, était éprouvée en la plaçant sur des supports distants de 0m,91 l'un de l'autre; elle ne devait pas se rompre sous un poids inférieur à 1 371 kilog., appliqué en son milieu. Si la barre ne résistait pas à l'épreuve, toutes les pièces fondues de la même coulée étaient rejetées. Chaque longuerine de 0m,90 ne devait pas peser moins de 62k,200; car on comptait le poids à raison de 68k,330 au mètre courant. La position des trous pour les clavettes, qui était venue de fonte dans les longuerines, ne devait pas varier de plus de 0m,015 de la position donnée.

Les rails sont en acier Bessemer laminé; ils sont larges de 0m,075 et pèsent 20 kilog. par mètre courant. Ils ont été laminés par longueurs de 5m,49, 6m,40 et 7m,32. La table de roulement a 0m,037 de large; elle est arrondie, avec environ 0m,003 de bombement; l'ornière est large de 0m,028 et profonde de 0m,017 en dessous du sommet de la table; le rebord intérieur ou contre-rail a 0m,010 de large à sa surface, qui est à 0m,003 en contrebas de la table. La paroi de l'ornière près de la table est verticale; le fond a 0m,018 de large et l'évasement de l'ornière est dirigé vers le rebord. La partie inférieure du rail présente des espèces de cannelures s'étendant dans le sens longitudinal; sa forme offre des rebords inclinés bien solides d'où dépend l'âme centrale. Cette dernière a 0m,012 d'épais-

seur et la hauteur totale du rail monte à 0$^m$,075. Les cannelures ou entailles qui existent sous le rail s'adaptent sur les surfaces en forme de coins qui constituent la tête des longuerines. Le rail est attaché sur celles-ci au moyen de clavettes horizontales en fer forgé de 0$^m$,012 sur 0$^m$,009, légèrement coniques, qui passent au travers de l'âme du rail et de la tête de la longuerine. Il y a une clavette pour chaque longuerine, excepté aux joints des rails où il y en a une de plus pour chaque extrémité. Grâce à ce mode de fixation, les surfaces entaillées qui existent en dessous du rail empêchent les déplacements latéraux, tandis que le rôle principal de la clavette est de s'opposer à la séparation avec la longuerine.

On exigeait que les rails fussent faits d'un mélange de fer provenant de minerais d'hématite anglaise et de fonte blanche fondus en lingots de poids suffisant pour faire un ou plusieurs rails. Les rails courbes étaient ployés à froid, avec une machine à courber, et suivant les rayons demandés. L'âme du rail était percée pour les trous des clavettes, et ces trous ne devaient pas s'écarter de plus de 0$^m$,0015 de leur vraie position.

La voie a une largeur de 1$^m$,435 et l'entre-voie laisse un espace libre de 1$^m$,22 entre les deux lignes de la voie double. Le nouveau pavage ne s'arrête pas à la largeur ordinaire de 0$^m$,457 en dehors des voies, mais dans quelques cas s'étend sur toute la chaussée pour rendre toute la surface uniforme. En admettant, pour permettre les comparaisons, que les accotements pavés aient une longueur de 0$^m$,457 en dehors des rails, la largeur totale d'une double voie se compose ainsi :

| | |
|---|---|
| 2 largeurs de voie de 1,435. . . . . . . . . . . . . . . | 2$^m$,870 |
| Entre-voie. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 ,220 |
| 2 accotements de 0,457. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0 ,914 |
| 4 demi-largeurs de rails $\left(\frac{0,075}{2} \times 4\right)$. . . . . . . . . . | 0 ,150 |
| Total. . . . . . . . . . . . . . . | 5$^m$,154 |

Les longuerines ne sont pas attachées les unes aux autres, mais laissent entre elles un espace de 0$^m$,012 à leurs extrémités et donnent de cette manière des longueurs de 0$^m$,91 de voie pour chacune d'elles. Dans les courbes prononcées, elles sont en fragments plus courts, de 0$^m$,457 de longueur. Dans quelques cas, on les a fondues suivant la courbe qu'elles doivent occuper; mais en général il n'est pas nécessaire de se procurer des longuerines courbes.

La chaussée était creusée à une profondeur uniforme d'environ 0$^m$,20. Le fond de l'excavation servait de fondation pour les longuerines; car on avait jugé le sol assez solide pour porter le tramway avec sa large

surface d'appui, sans qu'il fût nécessaire de recourir à des fondations en béton. Néanmoins, en vue d'un bon bourrage, les longuerines reposaient sur une couche de mortier maigre de 0m,025. Avant la pose, elles étaient remplies de ce même mortier. Ce dernier se composait de trois parties de mâchefer et d'une partie de chaux hydraulique d'Ardwick, broyée au moulin.

Les rails portent sur les longuerines par l'intermédiaire d'une couche de goudron de gaz, qui remplit tous les vides qui peuvent exister entre les longuerines et eux-mêmes. Les rails plats, sans ornière, ont été employés seulement comme rails extérieurs dans une courbe de la voie qui n'avait que 9m,76 de rayon.

Le pavage se compose de pavés granitiques, larges de 0m,075 et hauts de 0m,15, posés sur une couche de petit gravier ou de vieux macadam de 0m,05. Les joints sont remplis de gravier gros comme des pois ou de très-petits éclats de granit et coulés avec un mélange bouillant de brai et de créosote, suivant le système pratiqué depuis bien des années pour la pose du pavage dans Manchester (1).

On exigeait des entrepreneurs qu'ils remplaçassent les longuerines ou rails qui se seraient trouvés mauvais dans une période de douze mois après l'achèvement des travaux. Les payements se faisaient successivement jusqu'à concurrence de 80 p. 100 du montant des travaux exécutés. Le solde était payable trois mois après l'achèvement des travaux.

Pour 1 kilom. de ligne simple, construite dans le système de tramway de M. Barker, on emploie près de 136 tonnes de longuerines en fonte et de 40 tonnes d'acier pour les rails. Il fallait 25 tonnes de mortier pour poser les longuerines. Le prix des rails était de 196f,85 par tonne et celui des longuerines de 128f,57. Le mortier coûtait 9f,10 la tonne, rendu sur place. La dépense totale en matériaux et en main-d'œuvre pour enlever le vieux pavage, préparer l'emplacement des longuerines avec une couche de mortier maigre de 0m,025 et poser le tramway (non compris le pavage) était de 36 049f,65 par kilomètre de ligne simple.

Le détail ci-dessous contient, sous forme de tableau, les éléments de cette dépense.

---

(1) Pour plus amples détails sur le système de pavage de Manchester, voir l'ouvrage *Construction des routes et rues*, par M. Clark, 1877. Grosby Lockwood et Ce.

TRAMWAYS DE LA CORPORATION DE MANCHESTER, SYSTÈME BARKER.

*Dépense par kilomètre de ligne simple,* 1877.

| | |
|---|---|
| | fr. |
| 135ton,768 de longuerines en fonte, à 128f,57. . . . . . . . . . | 17 454,50 |
| 39 ,780 de rails d'acier, d'environ 20 kilog. au mètre courant, à 196f,85. . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 7 830,95 |
| 1000 mèt. courants de main-d'œuvre, couche de mortier, etc., à 9f,91. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 9 913,00 |
| Clavettes. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 338,40 |
| Charroi des matériaux (du métal seulement). . . . . . . . . . . | 462,80 |
| | 36 049,65 |
| 2 286m.q,70 de pavage, à 17f,94. . . . . . . . . . . . . . . . . | 41 019,30 |
| Dépense totale pour 1 kilomètre. . . . . . . . | 77 068,95 |

On a également projeté un rail et un coussinet de moindre échantillon, *fig.* 57, basés sur le même principe de construction que ceux employés à Manchester. Ils sont destinés aux lignes de province à petit trafic, pavées en pavés de 0m,10 d'échantillon ou aux lignes étrangères macadamisées. Le rail en acier, de 15 kil. au mètre courant, a une largeur de 0m,070, et une table de roulement de 0m,037. La longuerine pèse 45 kil. par mètre courant. Sa base a 0m,254 de large et est à 0m,127 au-dessous du niveau du rail. Les entretoises employées pour les routes macadamisées sont des barres de fer de 0m,022 sur 0m,006. Elles sont fixées à la partie extérieure des longuerines au moyen de clavettes qui les traversent. La dépense, dans ce modèle de construction, monte à 25 640 fr. par kilomètre, non compris le pavage.

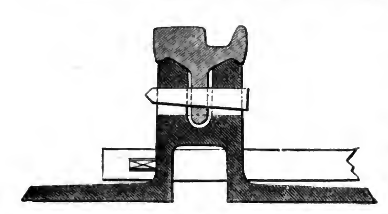


Fig. 57. — Système Barker, destiné aux lignes de province à faible trafic. Échelle 1/4.

# CHAPITRE VII

## TRAMWAYS DE LIVERPOOL. — SYSTÈME DEACON, 1877

(Planche VI)

Les tramways de Liverpool se reconstruisent (Décembre 1877) suivant le système de M. George F. Deacon, ingénieur de la ville, et sous sa direction.

### Cercle intérieur.

Les plans et détails pour la construction du « cercle intérieur », qui réunit toutes les lignes extérieures, ont été préparés par l'ingénieur de la ville et approuvés par l'ingénieur de la Compagnie des tramways de Liverpool. Le trait caractéristique du système de M. Deacon, représenté par la Pl. VI, est le mode d'attache du rail avec la longuerine et la fondation de béton, au moyen d'un boulon central. Cette méthode convient pour le rail à ornière latérale ou à ornière centrale; mais à Liverpool, c'est l'ornière centrale qu'on a adoptée. La largeur de la surface métallique exposée se trouve par là réduite au minimum, tandis que l'aire tout entière que n'occupe pas l'ornière est utilisée comme table de roulement et que la largeur de cette surface est plus grande que celle du rail ordinaire à ornière.

Pour placer le pavage et les rails immédiatement sur la même fondation et rendre toute la surface uniforme, les rues du cercle intérieur ont été entièrement repavées et on leur a contitué de nouvelles fondations en béton sur toute la largeur de la chaussée en même temps qu'on posait les tramways. Les anciennes fondations des tramways et des routes ont été complétement enlevées, et l'excavation nettoyée jusqu'à une profondeur de $0^{m},39$ en dessous de la surface permanente de la rue. Sur le fond, on établit une couche de béton, avec ciment de Portland, épaisse

de 0$^m$,18, et on la termine par une surface bien unie. On abandonne le béton à lui-même pendant huit jours avant de paver, afin qu'il sèche et durcisse. Les longuerines sur lesquelles reposent les rails sont en sapin rouge de Memel, Dantzig ou Riga; elles ont 0$^m$,15 de haut et 0$^m$,082 de large. Pour les parties droites, elles sont en longueurs de 7$^m$,35 ou de 5$^m$,52. Pour les courbes, elles ont 1$^m$,85 de long et sont débitées de la bille suivant la courbure demandée. La surface supérieure est préparée suivant la forme du rail. Des ouvertures sont ménagées dans la longuerine, à la face supérieure et dans une des faces latérales, pour recevoir les attaches. Toutes les longuerines sont créosotées avec au moins 160 kil. de créosote par mètre cube. Elles sont placées à leur position définitive quand le béton devient parfaitement dur, et après qu'on a mis les écrous sur les boulons qui doivent les maintenir.

Les rails sont en acier Bessemer, du poids de 30 kil. par mètre courant; ils sont laminés par longueurs de 7$^m$,35, avec 10 p. 100 sur la quantité qui n'ont que 6$^m$,40 et 5$^m$,18 pour donner des pièces de moindre dimension. Ils ont 0$^m$,082 de large et 0$^m$,082 de haut sur les rebords. L'ornière est dans le milieu de la surface supérieure; elle a 0$^m$,025 de largeur, 0$^m$,017 de profondeur, et se termine au fond suivant une demi-circonférence. Les surfaces d'appui de chaque côté de l'ornière ont chacune 0$^m$,0285 de large, en tout 0$^m$,057. M. Deacon admet qu'il faut quelque tolérance pour les défauts de largeur de voie des roues et des rails: mais il pense que même la dimension de 0$^m$,022 est amplement suffisante pour l'ornière. L'épaisseur du rail, mesurée à partir de la surface, est de 0$^m$,034. Sous l'ornière, elle est réduite à la moitié, c'est-à-dire à 0$^m$,017; mais comme la profondeur de cette ornière est deux fois aussi grande que la hauteur des boudins des roues, le rail ne peut s'user en ce point. Les rebords descendent à 0$^m$,047 en contre-bas de la tête; ils sont d'une grande solidité, ont 0$^m$,012 d'épaisseur près de leurs arêtes et vont en se renforçant vers le haut. L'épreuve qu'on fait subir aux rails consiste à laisser tomber un poids de 1 016 kil. d'une hauteur de 3$^m$,66 sur le milieu du rail reposant sur des supports distants de 1$^m$,52. S'il se fend sous l'épreuve, les autres rails fabriqués dans les mêmes conditions peuvent être refusés. Les rails sont aussi analysés chimiquement; tous ceux qu'on trouve contenir moins de 0,30 ou plus de 0,45 p. 100 de carbone sont susceptibles d'être rejetés.

Ils sont enduits d'une épaisse couche de coaltar à leur partie inférieure, avant d'être posés sur les longuerines. Ils sont fixés au moyen d'un boulon central de 0$^m$,018, de longueur variable, terminé à sa partie supérieure par un œil, embrassant une broche en fer de 0$^m$,018 qui passe horizontalement dans des trous ronds de 0$^m$,022 de diamètre, pratiqués dans

les rebords du rail. Le boulon passe verticalement au travers de la longuerine et de presque toute la couche de béton ; il porte à sa partie inférieure une tête qui s'appuie sur une plaque ou rondelle en fonte, large de $0^m,15$, qui est noyée dans le béton avec la partie inférieure du boulon. Celui-ci se sépare en deux pièces, au-dessus du béton, dans l'intérieur de la longuerine ; ces deux pièces ou parties séparées sont réunies par un écrou double à filets contrariés qu'on fait mouvoir par une ouverture latérale ménagée dans la longuerine et qui donne ainsi le moyen de serrer fortement le rail sur cette dernière et de réunir le tout avec la fondation. Quand le serrage est complet, l'ouverture latérale est fermée à l'aide d'un morceau de toile recouvert de minium. Il y a un boulon à une distance de $0^m,20$ de chaque bout de rail ; et dans des points intermédiaires, à des distances d'environ $0^m,96$. Les boulons de fond sont mis en place avant que les rondelles ne soient recouvertes ; chacun d'eux est enveloppé d'une sorte d'étui en fonte qu'on retire quand le béton a fait prise. Quand on pose les rondelles, on emploie un gabarit qui tient les boulons dans leurs positions exactes.

Le fer devait pouvoir supporter un effort de tension de 3 414 kil. par centimètre carré. La fonte devait être de force telle, qu'une barre carrée de $0^m,025$ de côté, et longue de $1^m,06$ ne se rompît pas sous un poids inférieur à 386 kil. appliqué en son milieu, les points d'appui étant distants de $0^m,91$.

Les pavés ont de $0^m,18$ à $0^m,185$ de queue, et sont posés sur un lit de sable de $0^m,012$ ; il faut en excepter ceux avoisinant les rails qui sont en pierre fort dure, — du granit ou du trapp à gros grains. Ils sont soigneusement dressés au marteau, de manière que leurs arêtes touchent les côtés des rails, qu'ils se touchent aussi à leur surface auprès des rails, et que la face supérieure du pavage soit pratiquement continue près de ces derniers. M. Deacon croit que, par ce moyen, le quantum de l'usure et les changements de niveau des pavés près des rails seront réduits au minimum et qu'on évitera les flaches ou les différences de niveau entre les rails et le pavage. Les pavés qui avoisinent les rails reposent sur du ciment au lieu de sable ; ils sont alternativement tout entiers et par moitiés ; et, comme ils sont soigneusement échantillonnés, on peut les enlever et les remplacer par d'autres semblables sans déranger en rien le pavage environnant. Les pavés ont de $0^m,13$ à $0^m,18$ de long, et leur épaisseur est telle que quatre quelconques d'entre eux, choisis à volonté et mis côte à côte, ne doivent pas donner une épaisseur de plus de $0^m,356$. Ils sont posés aussi près à près que le permet la direction des files. Les joints sont remplis de gravier sec bien propre de $0^m,005$ à $0^m,015$, qui descend sous l'action du battage. Cette opération se répète jusqu'à ce que

les joints soient pleins de gravier et que les pavés ne bougent plus sous le pilon. Les joints sont enfin coulés avec un mélange bouillant de brai et de créosote qui occupe les interstices ou les crevasses les plus petites et les rend complétement imperméables.

Une courte longueur de tramway construite sur ces données a été établie, dans le milieu de l'année 1875, pour remplacer une portion d'une des vieilles lignes de Liverpool. Les cars ordinaires ont, depuis cette époque, parcouru la nouvelle ligne d'une manière très-satisfaisante.

Pendant l'été dernier, la longueur tout entière du cercle intérieur a été reconstruite et ouverte au trafic. On assure que les cars ordinaires circulent sur la nouvelle ligne avec beaucoup plus de facilité que sur les portions primitives du réseau. Au fur et à mesure que les roues ordinaires des cars s'usent, on les remplace par des roues à boudin central qui ont une surface de roulement de chaque côté de ce boudin. Jusqu'à ce que toutes les lignes existantes soient reconstruites, les roues à boudin central parcourront les lignes construites avec rail à ornière latérale ou centrale.

## Embranchements.

Le principe général adopté dans la construction du cercle intérieur des tramways, qui assure l'uniformité de fondation et de pavage, et par lequel le rail est solidement relié à la fondation, est maintenu dans le projet modifié, Pl. VI, proposé pour les embranchements. Voici la description de ces derniers.

Pour le cercle intérieur, on a employé des pavés de $0^m,18$ à $0^m,185$ de queue. Ces dimensions dépassent de $0^m,025$ l'épaisseur de ceux qu'on a généralement adoptés dans Liverpool pour toutes les rues, à l'exception de celles qui ont le trafic le plus pesant. Si, pour les pavages moins épais, on employait des rails de même section que ceux du cercle intérieur, il serait difficile de réduire de $0^m,025$ la hauteur des longuerines, sans les entailler d'une manière fâcheuse au droit de chaque boulon. C'est pour cette raison, et aussi en vue de disposer les attaches de manière que le rail puisse être fixé ou enlevé sans déranger le pavage, que les rondelles en fonte employées ici diffèrent de celles du cercle intérieur; elles présentent une plus large ouverture pour recevoir la tête du boulon et le trou central a $0^m,012$ de largeur de plus que le corps de ce boulon. Avant de répandre le béton, le niveau de la ron-

delle est fixé au moyen d'une ardoise qu'on place en dessous, d'une pierre ou d'une brique qui la supporte, comme le montre le dessin. Pendant qu'on pose le béton sur elle, on laisse l'étui sur le boulon et on ne le retire que quand le béton a fait prise. Les trous verticaux pratiqués dans les longuerines sont aussi de 0m,012 plus larges que les boulons. La partie supérieure de ces derniers est vissée dans un écrou en bronze phosphoreux qui traverse le rail au fond de l'ornière et y est fixé au moyen de mastic au minium. Le boulon qui traverse le rail s'adapte exactement au trou. Comme ce boulon est libre de se mouvoir dans le béton, verticalement ou latéralement avec le rail, le joint est à l'abri de la dislocation produite par les vibrations ou par le poids du trafic.

Dans les attaches représentées Pl. VI, la rondelle en fonte s'étend en remontant vers le haut, de telle manière que sa partie supérieure affleure celle du béton. Ce dernier peut donc se finir sans qu'aucune partie en saillie en empêche. On gratte après coup le béton qui a pénétré dans les mâchoires, et on y introduit la tête du boulon. Quand la longuerine est posée, on coule dans l'ornière un mélange bouillant de brai et de créosote pour remplir le trou dans le bois et l'espace vide entre les mâchoires. Cette sorte d'asphalte est plastique, quand elle a durci ; elle empêche bien le boulon de tourner mais tout en lui permettant de vibrer avec le rail.

La rondelle a une section rectangulaire, longue de 0m,075 sur 0m,15 de largeur dans le sens perpendiculaire aux rails. On assure qu'avec un pareil mode d'attache, le tramway se pose avec une extrême facilité ; et comme on a un jeu de 0m,075 dans un sens et de 0m,018 dans l'autre pour placer la tête du boulon entre les mâchoires, on n'a pas besoin d'une grande précision pour le poser. Ces attaches sont maintenant employées dans des points où passe le plus pesant trafic de Liverpool.

Le rail est en acier, et pèse 21 kil. par mètre courant. Il a une section en forme de T, avec l'ornière au milieu et une seule âme centrale. Il a 0m,075 de large, et 0m,073 de haut. L'écrou est vissé au moyen d'une clef à quatre doigts et les expériences de M. Deacon montrent qu'un homme peut facilement produire sur les rails une traction de 2 à 3 000 kil. à chaque attache. La hauteur du rail et de la longuerine ensemble est de 0m,15 : c'est celle des pavés. Pour les lignes rurales ou suburbaines on peut construire, d'après ce principe, une voie de tramways parfaitement solide, en plaçant simplement chaque ligne de longuerines sur une fondation de béton large de 0m,23 ou 0m,46. Dans le Canada où le bois est abondant, on a proposé une ligne de tramways basée sur le principe de celle que nous venons de décrire, mais sans au-

cune fondation de béton, et en employant tout simplement des longuerines en bois, mises à plat, pour porter les longuerines entaillées et les rails.

La Pl. VI, montre aussi comment on peut employer des longuerines en fonte, d'après M. Deacon. Il ne pense pas qu'il soit nécessaire de les enfoncer dans le béton. En les laissant au-dessus, on ne gène en rien la pose de cette fondation. Les longuerines reposent sur une mince couche de ciment.

L'expérience qu'on a faite jusqu'ici du système de M. Deacon montre qu'on n'a besoin, ni de traverses, ni d'entretoises. Sous le trafic pesant des principales rues de Liverpool, la largeur de voie s'est parfaitement conservée.

Quoique M. Deacon recommande l'emploi du rail à ornière centrale pour les tramways qui ne doivent pas se relier à des lignes à ornières latérales, le principe des rails et attaches qu'il a adoptés peut cependant s'employer avec une égale facilité pour les rails à ornières latérales, comme le montre la Pl. VI.

Le tableau ci-joint, contient des détails sur la dépense de construction de tramways, dans le système de M. Deacon, pour les quatre espèces de voies représentées dans la Pl. VI. La troisième et la quatrième sont plus légères et moins coûteuses, tout en étant construites d'après le même principe que celle que représente le second dessin. Les rails pèsent seulement 17 kil. 500 le mètre courant, et leur section est bien autrement forte que celle de beaucoup de rails de forme plus ancienne et de plus grand poids.

La dépense de pavage à Liverpool, en ne comptant pas la fondation en béton, mais en y comprenant la fourniture des pavés, la forme en sable, le jointoyement en gravier et asphalte est d'environ 13f,45 par mètre carré quand les pavés ont 0m,15 de queue, et de 9f,68 quand ils n'ont que 0m,10. Les dépenses par mètre courant et par kilomètre de ligne, en y comprenant deux accotements pavés de 0m,457 en dehors des rails, sont les suivantes :

| Ligne simple. | Par mètre courant. | Par kilomètre. |
|---|---|---|
| Pavés de 0m,15 de queue. . . . . . . . | 31f,27 | 31 270 fr. |
| — 0 ,10 — . . . . . . . . | 22 ,20 | 22 200 |

## Aiguilles ou pointes, et croisements.

Sur les lignes reconstruites, les croisements se font en coupant à la demande les extrémités de l'une des lignes de rails et creusant une or-

TRAMWAYS DE LIVERPOOL. — TRAMWAYS DEACON A ATTACHES COMPENSATRICES.

QUANTITÉS ET DÉPENSES APPROXIMATIVES PAR MÈTRE COURANT DE LIGNE SIMPLE (PAVAGE NON COMPRIS).

| DESCRIPTION DES MATÉRIAUX OU DE LA MAIN-D'ŒUVRE. | N° 1. PLANCHE VI. — TRAMWAY TEL QU'IL A ÉTÉ REPOSÉ dans le cercle intérieur à Liverpool. Fondation de béton de 2m,44 de large. Rail, 30k,255 par mèt. courᵗ. | | N° 2. PLANCHE VI. — TRAMWAY PROPOSÉ pour les lignes urbaines à Liverpool. Fondation de béton de 2m,44 de large. Rail, 21k,350 par mèt. courᵗ. | | N° 3. — COMME AU N° 2, avec fondations de béton de 0m,305 de large sous chaque longuerine. Rail, 17k,350 par mèt. courᵗ. | | N° 4. — COMME AU N° 3, avec des traverses à distance moyenne de 1,06 au lieu de béton. Rail, 17k,350 par mèt. courᵗ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | fr. | | fr. | | fr. | | fr. |
| Rails en acier Bessemer. | 60k,510 | 11,91 | 42k,700 | 8,43 | 34k,700 | 6,57 | 34k,700 | 6,57 |
| Boulons filetés, écrous, chevilles. | 3 ,255 | 1,91 | 1 ,300 (ni boulon ni cheville) | 0,76 | 1 ,300 (ni boulon ni cheville) | 0,76 | 0 ,880 | 0,69 |
| Rondelles en fonte. | 5 ,210 | 0,87 | 6 ,943 | 1,10 | 6 ,943 | 1,10 | 2 ,470 | 0,49 |
| Écrous en bronze phosphoreux à deux têtes. | » | » | 0 ,185 | 1,36 | 0 ,142 | 1,00 | 0 ,142 | 1,00 |
| Trous dans les rails. | » | 0,43 | » | 1,36 | » | 1,36 | » | 1,36 |
| Longuerines en sapin du Nord, desséchées, dressées et créosotées. | 0m.c.,025081 | 3,82 | 0m.c.,02130 | 3,64 | 0m.c.,02130 | 3,64 | 0m.c.,023130 | 3,64 |
| Creusement des rainures et des trous pour les attaches dans les longuerines. | » | 0,87 | » | 0,33 | » | 0,33 | » | 0,33 |
| Fondation. | Béton de ciment de 0,19 d'épais. sur 2m.c.,44 de surface. | 15,18 | Béton de ciment de 0,13 d'épais. sur 2m.c.,44 de surface. | 10,32 | Béton de ciment de 0,15 d'épais. sur 0m.c.,61 de surface. | 3,20 | 2 mètres courants de traverses. | 3,56 |
| Fouille. | » | 4,53 | » | 3,43 | » | 2,72 | » | 2,72 |
| Main-d'œuvre pour la pose des rails et longuerines. | » | 2,73 | » | 1,47 | » | 1,47 | » | 1,70 |
| Dépense par mètre courant (pavage non compris). | » | 42,20 | » | 32,20 | » | 22,15 | » | 22,06 |
| — par kilomètre — | » | 42200,00 | » | 32200,00 | » | 22150,00 | » | 22060,00 |

NOTA. La dépense de pavage, avec pavés de 0m,15 de queue, en y comprenant deux accotements de 0m,457 en dehors des rails, est de 31f,27 par mèt. cour., ou 31 270 fr. par kilom.

nière dans les rails de l'autre ligne. Les pointes fixes sont en fonte trempée et celles qui sont mobiles ont les aiguilles en acier corroyé. Dans les aiguilles pour les rails ordinaires à ornière latérale, la bande des roues roule sur une certaine longueur seulement sur l'arête amincie de la pointe et l'use rapidement. Quand la pointe est ainsi usée, la roue tombe et se meut en dessous du niveau des rails ; en passant sur la pointe pour aller de l'embranchement à la ligne principale, elle doit remonter sur le rail de cette ligne, et cette opération creuse bientôt un plan incliné sur la surface du rail. Cet inconvénient disparaît en grande partie par l'emploi des roues à boudin central qui circulent sur les rails de M. Deacon ; car un des bandages de la roue a toujours un point d'appui sur une table. En outre, pour augmenter la largeur de la surface d'appui, la largeur de l'ornière près de la pointe est réduite autant que cela est pratiquement possible ; et la roue, en passant du rail de l'embranchement sur la pointe, arrive à bien plus courte distance sur le rail de la ligne principale. Dans le même but, — le maintien de la continuité de la surface d'appui, — la profondeur de l'ornière à la jonction et près de la jonction est rendue la même que la hauteur du boudin de la roue.

---

# CHAPITRE VIII

## SYSTÈME DE TRAMWAYS DE M. ROBINSON SOUTTAR

M. Robinson Souttar a imaginé un système de tramways, à substructure en bois, qu'il a fait breveter en Mars 1876, et qui est représenté dans les *fig.* 58 à 61. C'est un ensemble de traverses et de longuerines qui portent des rails à ornière munis d'un double rebord. La description suivante est extraite d'une notice spéciale.

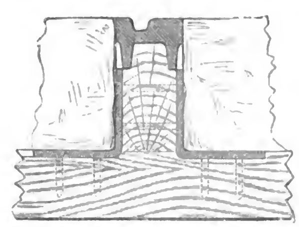


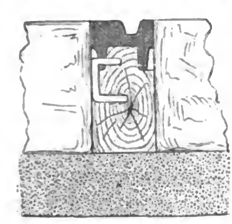
Fig. 58. Système de tramways de M. Robinson Souttar. — Échelle 1/8.

Pour une largeur de voie de $1^m,435$ la chaussée est creusée sur une largeur d'environ $2^m,44$ pour une voie simple et de $5^m,03$ pour une voie double; le fond de la fouille est plat, et à une profondeur qui varie avec la qualité du sol; en moyenne $0^m,37$, mais jamais moins de $0^m,32$. Une fondation de béton, de $0^m,18$ d'épaisseur doit être préparée et posée de la manière suivante. Le béton se compose de :

| | |
|---|---|
| Ciment de Portland. . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 mesure |
| Gravier sablonneux fin, bien propre. . . . . . . . . | 4 — |
| Pierre cassée. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 5 — |
| | 10 mesures |

Le ciment doit être de la meilleure qualité, pesant 1 400 kil. le mètre cube sans être tassé; il doit passer au travers d'un tamis à mailles d'un demi-millimètre; et il ne doit pas y avoir plus de 10 p. 100 de résidu de tamisage. Quand on l'essaye à la traction, il ne doit pas se rompre sous un poids moindre que $25^k,8$ par centimètre carré, après avoir été immergé pendant sept jours dans l'eau. Le gravier doit être exempt de poussière, argile, limon ou autre impureté. Pour faire le mélange, ce

gravier doit être étendu sur une aire en planches, et non pas sur le sol, en quantité ne dépassant 1/7 de mètre cube. Le ciment doit être uniformément répandu sur lui et bien mélangé à sec; puis l'eau doit être ajoutée au moyen d'un arrosoir à pomme et le tout bien malaxé à l'état mouillé. Pendant que le béton fait prise, il faut le protéger de l'influence d'un soleil excessif, d'une pluie abondante ou de la gelée.


Fig. 59. Système de tramways de M. Robinson Souttar. — Échelle 1/8

Une couche de béton fin, épaisse de 0m,075 doit être étendue sur le sol pour chaque traverse; celle-ci doit y entrer par battage et être réglée au moyen

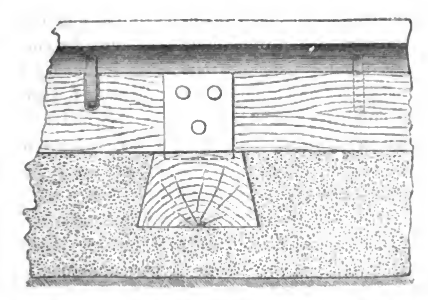

Fig. 60. — Système de tramways de M. Robinson Souttar. Échelle 1/6.


Fig. 61. — Système de tramways de M. Robinson Souttar. Section du rail. 27k,500 au mètre courant. Échelle 1/2.

de l'équerre et du niveau. Quand on a ainsi mis en place les traverses, on doit répandre sur le sol de l'excavation une couche de pierre cassée bien mouillée; sur celle-ci une couche de béton, puis une seconde

couche de pierre cassée qui doit être battue pour pénétrer dans le béton. On continuera ainsi, par couches alternatives de béton et de pierre cassée, jusqu'à ce qu'on atteigne le niveau des traverses ; alors on terminera par une couche de béton fin bien battu qui affleure la surface des traverses, et donne une hauteur totale de $0^{m},18$ de béton. La proportion de pierre cassée et de gravier, comparée à celle du ciment dans ce mélange, ne doit pas dépasser le rapport de 9 : 1.

Les bois sont du meilleur sapin du Nord, dressés à la scie sur toutes leurs faces et créosotés à raison de 160 kil. de créosote par mètre cube. Les traverses ont $2^{m},29$ de long ; leur section est un trapèze haut de $0^{m},10$ dont la base inférieure a $0^{m},18$ et la base supérieure $0^{m},13$. Elles sont placées à $1^{m},83$ d'axe en axe, excepté aux pointes et croisements où il peut être nécessaire d'en mettre de supplémentaires. Les longuerines doivent avoir $0^{m},10$ de large sur $0^{m},15$ de haut; les parties droites sont coupées par longueurs de $5^{m},49$, $7^{m},31$ et $9^{m},15$. Les longuerines courbes doivent être sciées en pleines billes et à la demande des courbes ; quand les rayons sont moindres que $91^{m},50$, leurs longueurs peuvent être réduites à $3^{m},66$. Les longuerines sont assemblées à joints carrés, et soigneusement entaillées pour recevoir les rails; elles sont attachées aux traverses au moyen de sabots ou équerres en fer — un de chaque côté — épais de $0^{m},006$, larges de $0^{m},10$, noyés dans le bois et fixés à chacune des deux pièces au moyen de quatre chevilles en fer de $0^{m},075$.

Les rails doivent être en acier Bessemer, du poids de $27^{k},300$ par mètre courant, par longueurs de $7^{m},32$, avec une certaine quantité, ne dépassant 5 pour 100 de la fourniture, en longueurs plus courtes, mais pas inférieures à $5^{m},49$. Les rails courbes doivent être pliés à l'usine.

Larges de $0^{m},10$, ils ont deux rebords qui ne sont pas en affleurement latéral avec la tête, comme dans les rails ordinaires à rebords ; ces parties sont, au contraire, en reculement intérieur de $0^{m},009$ de chaque côté. L'objet de cette retraite est d'arriver à ce que les crampons, employés pour attacher le rail, affleurent les parois de la longuerine et du rail, et ne fassent pas une saillie qui empêcherait les rangs de pavés de venir butter d'une manière bien exacte contre ce rail ; et par là, d'éviter la formation d'ornières et de flaches dans le pavage. Chaque rail de $5^{m},49$ doit être percé de 18 trous situés alternativement sur chaque côté; la même proportion est observée pour les longueurs plus courtes. Les bouts des rails sont éclissés à l'aide de plaques de joint, longues de $0^{m},30$, larges de $0^{m},05$ et épaisses de $0^{m},012$, noyées dans les longuerines et épousant la forme des rails : les crampons ou attaches latérales doivent être formés chacun d'un morceau de fer de Lowmoor large de $0^{m},018$ et épais de $0^{m},009$. Le bout supérieur est arrondi et

terminé en biseau; l'extrémité inférieure est pointue et barbelée. On doit ménager sur le côté de la longuerine une petite cavité pour loger le corps du crampon de manière qu'il affleure la paroi. Les longuerines sont forcées à entrer dans les rails au moyen de serre-joints puissants; les deux sont maintenus ensemble jusqu'à ce qu'on ait placé les crampons.

Les rails doivent être posés de manière que leurs joints soient, autant que faire se peut, également distants de ceux des longuerines; dans tous les cas, ils doivent être éloignés d'au moins $1^{m},22$ les uns des autres. Les rails ployés doivent, en toute circonstance, être ajustés au moyen d'un valet et non à coups de marteau.

Dans l'estimation suivante de la dépense par kilomètre de ligne simple pour un tramway sur rues du système de M. Souttar, on a compris une couche de béton de ciment de $0^{m},18$ d'épaisseur et s'étendant sur toute la largeur. Mais on n'a pas fait entrer le prix du pavage.

ESTIMATION DE LA DÉPENSE POUR UN KILOMÈTRE DE TRAMWAY URBAIN A LIGNE SIMPLE DANS LE SYSTÈME DE M. ROBINSON SOUTTAR.

| MAIN-D'ŒUVRE ET MATÉRIAUX. | QUANTITÉS. | PRIX de l'unité. | DÉPENSE par article. |
|---|---|---|---|
| | | fr. | fr. |
| Fouille et enlèvement des déblais en excédant. . | $2438^{m.q},33$ | 1,12 | 2734,35 |
| Béton de ciment de Portland sur une épaisseur de 0,18. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | $2438^{m.q},33$ | 5,23 | 12757,30 |
| Longuerines créosotées. . . . . . . . . . . . . | $2000^{m.l},00$ | 2,13 | 4271,00 |
| Traverses créosotées. . . . . . . . . . . . . . | 500 | 5,47 | 2734,00 |
| Rails d'acier. . . . . . . . . . . . . . . . . . . | $54^{ton},292$ | 196,85 | 10687,00 |
| Attaches. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | $793^{k},500$ | 0,51 | 410,10 |
| Plaques de joint. . . . . . . . . . . . . . . . . | 250 | 0,683 | 170,90 |
| 2187 équerres pesant $1^{k},135$ chaque. . . . . . | $2^{ton},479$ | 295,30 | 732,25 |
| Chevillettes de 0,075. . . . . . . . . . . . . . | $315^{k},6$ | 0,664 | 209,70 |
| Pose, surveillance, éclairage. . . . . . . . . . | $1000^{m},00$ | 2,73 | 2734,00 |
| Dépense totale (non compris pavage). . . . . . | $37^{f},44$ le m. $c^{t}$. | » | 37440,50 |

On a vanté l'emploi d'une couche épaisse et uniforme de béton au ciment de Portland; elle serait à désirer dans une rue sujette à un trafic pesant. Dans les parties suburbaines et partout où l'économie est la première considération, cette dépense peut être réduite dans de larges proportions et, pour des circonstances de ce genre, un rail plus léger pourrait suffire.

# CHAPITRE IX

## TRAMWAYS DE PORTS

### Tramway du port de Glascow.

Il y a plus de vingt ans qu'on a établi, dans la station de Devonshire-Street sur le Great Eastern Railway à Londres, des tramways appropriés au trafic des cours à marchandises, et qui se composent de deux plaques en fonte pour le passage des roues et d'un pavage métallique placé entre elles.

MM. Ransome, Deas et Rapier ont fait breveter, en 1869, un tramway en fonte reposant sur du béton et projeté spécialement en vue du trafic par trucks dans les rues ou les docks. Un tramway de ce système, long

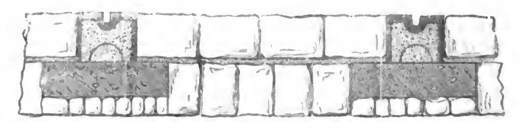


Fig. 62. — Tramway du port de Glascow. Système de MM. Ransome, Deas et Rapier. Échelle 1/24.

de 7 200 mètres, a été établi en 1870 sur le quai Broomielaw à Glascow. Il se prête à la fois à la circulation des voitures, dont les roues ont ou n'ont pas de boudins. La voie se compose de blocs rectangulaires creux en fonte, *fig.* 62 et 63, longs de 1$^m$,52, larges de 0$^m$,25 et hauts de 0$^m$,205. Ils ont 0$^m$,025 d'épaisseur au sommet, de 0$^m$,012 sur les côtés. La partie supérieure du bloc présente une ornière de 0$^m$,037 de largeur et 0$^m$,037 de profondeur pour les roues à boudin. Cette même partie supérieure, fondue en coquille, porte des rainures de chaque côté pour donner un point d'appui aux pieds des chevaux. Il y a aux extrémités des ca-

vités venues de fonte pour recevoir des éclisses qui sont boulonnées à la manière ordinaire. Les blocs sont entièrement remplis de béton, composé de sept parties de gravier et sable, et d'une partie de ciment de Portland, auquel on donnait trois ou quatre jours pour prendre. Le fond de la fouille était préparé comme celui d'une rue de première classe ou d'une route de docks; il comprenait une couche de cailloux roulés secs; et deux lignes de béton, larges de 0m,36 et épaisses de 0m,15 y étaient préparées pour recevoir les blocs du tramway. Ces derniers, après leur remplissage, étaient retournés et fixés au ciment sur les fondations de béton.

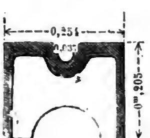


Fig. 63. — Système de MM. Ransome, Deas et Rapier. Section du rail; 101 kil. par mètre courant. Échelle 1/12.

D'abord, il avait parut désirable d'avoir des rebords inférieurs normaux aux côtés extérieurs des blocs; mais on trouva que c'était gênant pour le pavage. On les mit alors à l'intérieur; ils donnèrent un bon résultat; mais on les supprima ensuite par raison d'économie de matériaux; et les blocs de tramway, construits ainsi que le montre la figure, ont été trouvés parfaitement solides. La route avait été établie excessivement rigide; et les blocs une fois posés n'ont pas bougé.

On employa tout d'abord des entretoises; mais on vit qu'elles n'étaient pas nécessaires, car on ne pouvait même pas arriver à bouger les blocs, quand on avait besoin de les déplacer. Dans quelques cas, où l'on eut à les relever pour poser des conduites d'eau ou de gaz, on trouva qu'ils avaient fait corps avec le béton et on dut les couper.

Les quantités et dépenses dans ce système de tramway sont les suivantes pour une ligne simple :

Blocs en fonte, 201k,380 par mètre courant de 2 rails; ou 201tonn.,380 par kilomètre.
Béton, 0m.c,25086 par mètre courant, ou 250m.c,86 par kilomètre.

| | Par mèt. courant. | Par kilomètre. |
|---|---|---|
| Blocs en fonte, y compris éclisses, boulons et écrous. . | 34f,174 | 34 174f,00 |
| Dépense pour le béton. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 6 ,378 | 6 378 ,00 |
| Pose. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 3 ,417 | 3 417 ,40 |
| | 43f,969 | 43 696f,40 |

A ceci, il faut ajouter la dépense pour fouille et pavage.

L'expérience de ce tramway à Glascow a donné les résultats les plus satisfaisants. Il passe journellement de 100 à 140 wagons de railway sur la partie la plus active de la voie. Les locomotives des entrepreneurs y circulent aussi constamment et mènent fréquemment de lourds fardeaux sur trucks jusqu'à la grue de 60 000 kil. La vitesse maximum

des voitures de railway est d'environ 8 kilomètres à l'heure, et celles des lorys de rue de 9$^{km}$,600 mètres. Il est à remarquer que, si les chevaux sont forcés d'abandonner le tramway, ils y reviennent de leur propre volonté. D'après le rapport de M. Deas, qui est l'ingénieur de la navigation de la Clyde, il parait qu'aucun des blocs de fonte n'a été brisé et que les surfaces trempées sont maintenant en aussi bon état qu'au moment de la pose. On avait pensé d'abord que pour donner une assiette bien stable aux blocs, il faudrait les fondre en longueurs de 3$^m$,05 ; mais on a reconnu que cela n'était pas nécessaire; car ceux de 1$^m$,50 n'ont jamais montré trace de mouvement.

La *fig.* 64 représente une variété de la même espèce de tramways, mais applicable seulement aux véhicules qui ont des roues à boudin.

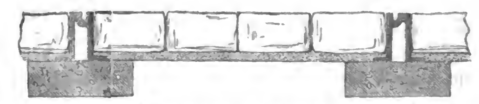


Fig. 64. — Système de MM. Ransomme, Deas et Rapier, pour un trafic moins lourd, Echelle 1/24.

Les blocs en fonte n'ont que 0$^m$,10 de largeur à la surface; ils présentent, à leur partie inférieure, des rebords latéraux qui donnent à la base une largeur de 0$^m$,23. Les arêtes sont entaillées tous les 0$^m$,075 ou 0$^m$,10 pour faciliter le passage des véhicules qui traversent la route. Les blocs remplis de béton sont posés au ciment sur deux lignes de béton ayant 0$^m$,15 d'épaisseur sur 0$^m$,45 de largeur. Les quantités et la dépense pour une voie simple sont les suivantes.

Blocs en fonte, 152$^k$,778 par mètre courant de 2 rails; ou 152$^{ton}$,778 par kilomètre.
Béton, 0$^{m.c}$,16724 par mètre courant, ou 167$^{m.c}$,24 par kilomètre.

| | Par mèt. courant. | Par kilomètre. |
|---|---|---|
| Blocs en fonte, y compris éclisses, boulons et écrous. . | 25$^f$,972 | 35 972$^f$,00 |
| Dépense pour le béton. . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 4 ,423 | 4 423 ,00 |
| Pose. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 3 ,076 | 3 076 ,00 |
| | 33$^f$,471 | 33 471$^f$,00 |

En 1871, une longueur d'environ 660 mètres de tramway de ce système a été posée dans la cour de l'usine à gaz de la corporation de Glascow. Le directeur a fait connaître qu'elle fonctionnait très-bien, n'avait pas demandé de réparations et n'avait occasionné aucune gêne.

## Tramways du port de Belfast.

Une ligne simple de tramways, spécialement destinée au trafic, a été établie, en 1869, sur les quais du port de Belfast, sous la direction de M. Lizars, ingénieur des Commissaires du port. Elle a été ouverte en Janvier 1870. C'est une ligne simple avec des garages. Elle se compose de deux longuerines en pitch-pin ou du bois de Memel, larges de 0m,242, épaisses de 0m,18 sur lesquelles est placé un rail ordinaire de pont, haut de 0m,10 pesant 40 kil. par mètre courant et fixé au moyen de chevillettes traversant ses rebords.

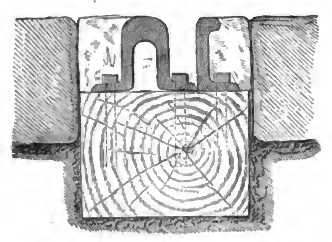


Fig. 65. — Tramway du port de Belfast, système Lizars. Échelle 1/8.

Sur la même longuerine on a posé et fixé au moyen de chevillettes, un autre rail dont la section a la forme d'une L, qui a aussi 0m,10 de haut et pèse 19k,500 au mètre courant. Ce dernier est parallèle au rail porteur et laisse libre entre eux un intervalle ou une ornière de 0m,04. On avait creusé des tranchées dans le sol pour recevoir les longuerines qui étaient placées sur du gravier ou des cendres. Le pavage consistait en pavés oblongs de 0m,18 de queue posés sur sable, jointoyés en mortier et butant contre les longuerines.

On voit que dans ce système on crée, entre le pavage et les rails, de larges vides de 0m,057 de chaque côté; on les remplissait de béton affleurant le pavage. Mais la combinaison manquait de stabilité.

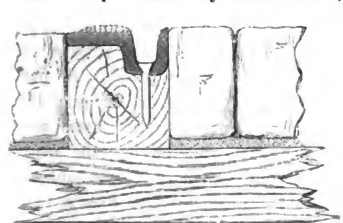


Fig. 66. — Tramways du port de Belfast. Système Salomond. Rail de 35 kil. par mètre courant. Échelle 1/8.

Elle était extrêmement susceptible de se déranger; le contre-rail, quelque fermement qu'il fût fixé sur la longuerine, se déprimait facilement et se déplaçait vers l'intérieur en refoulant le béton non résistant; et l'ornière prenait alors une largeur qui devenait dangereuse pour le trafic.

Un meilleur système a été imaginé dans la suite et employé par M. T. R. Salomond, l'ingénieur actuel des Commissaires, pour les allongements et réfections de portions de ligne. Un rail unique en fer, de section massive, pesant 35 kil. par mètre courant a été substitué à la combinaison du rail de pont et du contre-rail. Il est large de 0$^m$,15, avec une ornière de 0$^m$,037 de large et de 0$^m$,043 de profondeur, et une table de roulement légèrement en saillie sur le côté de l'ornière. Son épaisseur moyenne est d'environ 0$^m$,018. Il est fixé au moyen de tire-fonds de 0$^m$,015, à têtes fraisées, sur une longuerine à section carrée de 0$^m$,15 de côté. Les tire-fonds sont distants de 0$^m$,91 ; aux joints, le rail est attaché au moyen de boulons de 0$^m$,015 et d'écrous. Ces derniers, placés à la face inférieure de la longuerine s'appuient sur une plaque de joint de même largeur qu'elle, longue de 0$^m$,30 et épaisse de 0$^m$,012. Les longuerines sont posées et chevillées sur des traverses de mélèze longues de 2$^m$,74 et placées à 1$^m$,22 d'axe en axe.

Le pavage se compose de pavés de 0$^m$,15 de queue, larges de 0$^m$,09 à 0$^m$,10, longs de 0$^m$,20 à 0$^m$,30, placés tout contre la longuerine et le rail de chaque côté.

Dans les courbes à faible rayon, on a appliqué la combinaison, *fig.* 67, qui consiste en un rail de pont, posé sur une longuerine carrée de 0$^m$,15 de côté, et en une plaque épaisse de 0$^m$,018, haute de 0$^m$,165, qui est chevillée sur une des faces de la longuerine et forme une ornière de 0$^m$,043 de largeur. Le rail, de la section que représente le dessin, se prête bien mieux à la formation des courbes que le rail large et solide employé dans les parties droites de la ligne. Il faut remarquer aussi que la plaque latérale qui est placée comme contre-rail, peut être fixée à la longuerine d'une manière bien plus solide que le contre-rail employé dans le projet primitif.

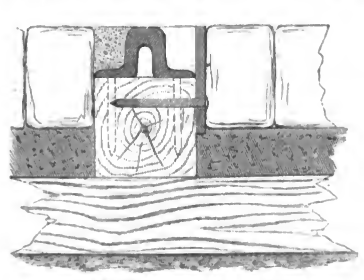


Fig. 67. Tramvays du port de Belfast.
Système adopté pour les courbes à faible rayon.
Échelle 1/8.

Les nouveaux rails ont été prescrits en 1873, avec une surface plate et employés pour construire 91 mètres de voie en 1875; ils remplaçaient sur 45 mètres une portion de la vieille ligne. Le reste a servi pour les voies de manœuvres des grues à vapeur le long des quais. En 1875, on

ordonna de nouveaux rails à surface bombée; ils ont été placés sur le nouveau quai de la Reine. Les nouvelles lignes donnent des résultats satisfaisants; on dit qu'elles tiennent bien et que les attaches restent serrées sous le passage des wagons de railway et des locomotives qui les traversent. La résistance des attaches est due, cela est clair, à leur disposition qui les place entièrement en dehors de l'atteinte des roues.

Les prix payés pour les matériaux de la nouvelle voie sont les suivants.

| | |
|---|---|
| Rails de 35 kil. au mètre courant. . . . . . . . . . . . . | 184f ,50 les 1000 kil. |
| Longuerines carrées de 0,10 de côté, débitées de la bille, y compris la main-d'œuvre de pose. . . . . . . . . . . | 132 ,40 le mètre cube |
| Traverses en mélèze de $2^m,74$ de long. . . . . . . . . . | 3 ,75 la pièce |
| Pose d'équerre. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 11 ,96 le mètre carré |
| Aiguilles et croisements. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 325 ,00 chaque |

# CHAPITRE X

## SUPPLÉMENT SUR LES TRAMWAYS ÉTRANGERS

### Paris.

Quand M. Loubat revint d'Amérique à Paris, il apporta son système légèrement modifié, *fig*. 68 et 69, et établit une ligne de tramways dans Paris, de la place de la Concorde à Passy, en suivant le cours de la Reine. Ce fut le premier tramway à chevaux construit en France. Il avait une

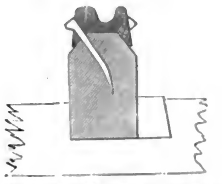


Fig. 68. — Tramway Loubat. Coupe du rail et de la longuerine. Échelle 1/8.



Fig. 69.— Section du rail de Loubat. 19 kil. par mètre courant. Échelle 1/2.

largeur de voie de $1^m,54$. Le rail avait à sa partie inférieure une section semi-hexagonale pour reposer sur une longuerine de bois, taillée à chanfrein pour le recevoir; il y était fixé diagonalement au moyen de chevillettes traversant ses faces latérales. Une éclisse en fer, longue de $0^m,15$ et épaisse de $0^m,01$, était placée sous chaque joint. Le rail pesait 19 kil. par mètre courant. Il avait $0^m,075$ de largeur à la surface, l'ornière avait $0^m,032$ de large sur $0^m,022$ de profondeur; la table de roulement n'avait que $0^m,028$. Les longuerines avaient $0^m,10$ de large sur $0^m,15$ de haut; elles reposaient sur des traverses de $0^m,15$ de largeur sur $0^m,10$ d'épaisseur, placées à des distances de 2 mètres d'axe en axe. Les traverses étaient en-

taillées pour recevoir les longuerines qui étaient fixées sur elles au moyen de clefs ou coins en bois. L'expérience montra que les chevillettes étaient insuffisantes comme mode d'attache; car elles étaient brisées ou arrachées, probablement par suite d'un défaut d'appui du rail sur la longuerine, défaut qui venait évidemment de ce que le rail était déplacé par la pression excentrique de la charge.

Ce même rail a été placé par la Compagnie Générale des Omnibus sur les lignes qui vont de la Place de la Concorde à Sèvres et Boulogne.

La section qu'on employa immédiatement après, *fig.* 70, fut celle des rails du tramways établi par une compagnie particulière entre Sèvres et Versailles. Ils pesaient 16 kil. par mètre courant; ils étaient creux à leur surface inférieure, afin d'économiser la matière.



Fig. 70. — Section du rail entre Sèvres et Versailles. 16 kil. par mètre courant. Échelle 1/2.

Suivant M. Goschler (1), ces rails, *fig.* 68, 69 et 70, durèrent 10 ans. Au bout de cette période, les tables de roulement étaient usées de telle façon que les boudins des roues des cars portaient sur les fonds des ornières. On employa pour remplacer ces rails trop légers un rail, *fig.* 71, de section plus massive pesant 23 kil. par mètre courant et calculé pour durer 20 ans. Un rail semblable, *fig.* 72, a été placé par la Compagnie des Omnibus sur la ligne entre l'Arc de Triomphe de l'Étoile et la Place du Trône, sur les tramways Nord. Il a 0$^m$,10 de large, 0$^m$,052 de haut; l'ornière est large de 0$^m$,032. Il est fixé sur une longuerine en bois, comme le précédent, au moyen de boulons à têtes fraisées qui traversent le fond de l'ornière. Les rails sont laminés par longueurs de 6 mètres; ils sont éclissés aux joints au moyen de plaques de fer épousant la forme de la surface inférieure.



Fig. 71. — Section du rail destiné à remplacer ceux des *fig.* 69 et 70. 23 kil. par mètre courant. Échelle 1/2.

On reconnut bientôt que les traverses n'étaient pas nécessaires, et l'on s'en dispensa au fur et à mesure des réparations des lignes. On les rem-

(1) Les chemins de fer nécessaires. *Comptes rendus de la Société des Ingénieurs civils*, 1873

plaça par des entretoises formées de barres de fer, mais au bout d'un certain temps on abandonna même ces dernières. Quand les lignes étaient établies sur le macadam, sans pavage, la dépense d'entretien était considérable et due surtout à l'habitude prise par les voitures ordinaires de suivre la ligne du tramway. Il fallait continuellement renouveler l'empierrement sur une largeur d'environ 0m,25 de chaque côté des rails, et la présence constante de pierre n'ayant pas encore fait prise occasionnait une augmentation de résistance et d'usure, due aux détritus de la chaussée sur les côtés. Pour éviter des inconvénient aussi sérieux, la Compagnie des Omnibus remplaça le macadam par des accotements pavés pour les portions du système extramuros, et par un pavage général sur les lignes comprises dans l'intérieur de la ville.

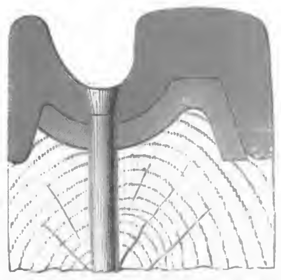


Fig. 72. — Tramways Nord. Section du rail, et attache. 23 kil. par mètre courant. Échelle 1/2.

Quoique la première ligne de tramways, celle de M. Loubat, ait une voie de 1m,54 on donna seulement 1m,44 et 1m,43 aux tramways construits dans la suite. On avait adopté une voie uniforme en vue d'établir des communications avec les gares à marchandises des chemins de fer. Cet espoir ne s'est pas réalisé.

D'après M. Goschler, le bordereau des prix adopté en 1867, pour l'établissement des tramways sur les voies macadamisées était le suivant :

TRAMWAYS DE PARIS, BORDEREAU DES PRIX. 1867.

| | fr. |
|---|---|
| Rails percés de dix trous fraisés, par 100 kilogr. . . . . . . . | 26,00 |
| Boulons ou éclisses, le cent. . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 22,00 |
| Longuerines en chêne de 0m,15 sur 0m,20, le mètre cube. . . | 134,00 |
| Pierre cassée (macadam), le mètre cube. . . . . . . . . . . . . | 12,00 |
| Sable, le mètre cube. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 3,00 |
| Main-d'œuvre, l'heure. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0,35 |
| Voiture à un cheval, l'heure. . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1,00 |

En prenant ces prix pour bases, la dépense par mètre courant, pour la construction d'une ligne simple de tramways avec des rails de 23 kil., *fig*. 72, était la suivante :

DÉPENSE PAR MÈTRE COURANT DE LIGNE SIMPLE. — RAILS DE 23 KILOGR. AU MÈTRE COURANT.

| | fr. |
|---|---|
| Rails | 11,96 |
| Longuerines | 4,00 |
| Préparation des longuerines | 1,00 |
| Boulons | 0,88 |
| Éclisses | 0,59 |
| Rondelles | 0,08 |
| Fouille | 0,76 |
| Ajustage | 0,20 |
| Pose et bourrage | 0,60 |
| Sable | 0,20 |
| Pierre cassée | 1,00 |
| Arrosage et cylindrage | 0,25 |
| Surveillance et dépenses générales | 0,95 |
| Total | 22,47 |

Le rail adopté pour les tramways Nord, dans l'avenue de la Grande-Armée est représenté dans la *fig*. 73.

La section du rail qui a été ensuite placé par les tramways Nord, en 1873, sur la route macadamisée, entre la Porte Maillot et le Pont de Neuilly est dessinée, *fig*. 74; ce rail a été emprunté à la pratique anglaise. Il pèse 30 kil. par mètre courant; il est fixé par un boulon traversant l'ornière, sur des longuerines en chêne, larges de $0^m,10$ et hautes de $0^m,15$ qui reposent sur des traverses de $0^m,18$ sur $0^m,08$, placées à $1^m,50$ de distance d'axe en axe. La dépense par kilomètre pour cette voie est estimée à 22000 francs, qui comprennent le prix des rails, des coussinets de joint, des sabots, boulons, longuerines, la pose, la surveillance et les menues dépenses. Quoique la section du rail soit copiée sur ceux employés en Angleterre, il ne semble pas qu'on se soit rendu compte du rôle important que jouent les rebords ou oreillettes, en permettant de remplacer les boulons verticaux par des attaches latérales.

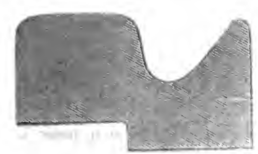


Fig. 73. — Section du rail dans l'avenue de la Grande-Armée. Échelle 1/2.

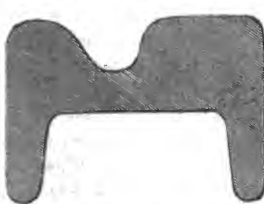


Fig. 74. — Section du rail dans l'avenue de Neuily, 30 kil. par mètre courant Échelle 1/2.

La dépense totale de construction des tramways Nord de Paris est donnée dans un agenda-Dunod de 1877, d'où nous extrayons le résumé suivant :

TRAMWAYS NORD. DÉPENSE PAR MÈTRE COURANT DE DOUBLE VOIE SUR UNE ROUTE PAVÉE.

| | |
|---|---|
| Démolition du pavé et fouille. . . . . . . . . . . . . . . | 3f,00 |
| Pavage. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 38 ,00 |
| Voie. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 49 ,00 |
| Total. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 90f,00 |
| Ou par kilomètre. . . . . . . . . . . | 90000 ,00 |

Des comptes de la Compagnie, il résulte que la dépense totale sur ces tramways monte à 495 200 francs par kilomètre.

M. Opperman donne une analyse de la dépense d'exploitation de la ligne entre Saint-Germain-des-Prés et Montrouge, qui fait partie des tramways Sud de Paris. Cette ligne a 5 020 mètres de long. Un car fait 20 voyages en 16 heures chaque jour et parcourt 100 kil. 400 mètres. Chaque car contient 16 passagers dans l'intérieur, 18 sur l'impériale et 10 sur la plate-forme; en tout 44. Il est traîné par deux chevaux qu'on relaye quatre fois, ce qui fait dix chevaux par car.

| | |
|---|---|
| Un cheval coûte, de nourriture, par jour. . . . . . . . . . . . | 3f,50 |
| Ferrure, écurie, soins, renouvellement, etc. . . . . . . . . . . | 2 ,00 |
| Total. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 5f,50 |
| Le travail des chevaux coûte par jour et par car (5f,50 × 10) = 55 ,00 | |
| Soit par kilomètre parcouru. . . . . . . . . . . 0 ,547 | |

Le système de tramways adopté et exécuté par M. Francq pour les tramways de Versailles, en 1875, est représenté dans les *fig.* 75-76-77. Ce sont des rails reposant sur une substructure en bois composée de longuerines portées par des traverses. Le rail pèse 15 kil. par mètre courant. Sa section est comparativement faible, elle a 0m,035 de haut sur environ 0m,075 de large à la surface. Il est laminé avec deux filets horizontaux, un de chaque côté, en saillie de 0m,006, et qui donnent une largeur totale de 0m,087. La table de roulement a 0m,039 de large et l'ornière 0m,031. La surface inférieure sous la table est creuse et reçoit dans cette partie une feuillure correspondante de la longuerine, ménagée exprès à la demande du rail. Les longuerines sont en pin créosoté ; elles ont 0m,075 de large, et 0m,18 de haut sous les semelles des rails. Elles sont légère-

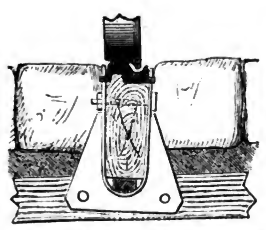


Fig. 75. — Tramways de Versailles. Section du rail, etc. Système Francq. Échelle 1/8.

ment inclinées en dedans suivant un angle de 1 sur 20; elles reposent sur des traverses en chêne, larges de 0$^m$,15, épaisses de 0$^m$,08 et situées à des distances de 1$^m$,50 d'axe en axe.

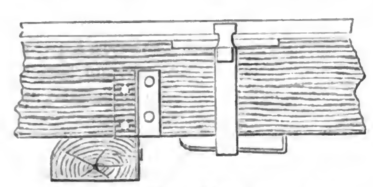


Fig. 76. — Tramways de Versailles. Système Francq. Rail, etc. Échelle 1/8.

Les attaches sont d'une forme particulière. Les filets latéraux des rails sont entaillés à des intervalles d'un mètre pour recevoir les bouts d'un lien en fer passant sous la longuerine; ces bouts sont entaillés eux-mêmes pour entrer dans les ouvertures pratiquées dans les filets et s'appuyer sur ces derniers. Les extrémités du lien sont maintenues en place par un boulon avec écrou qui traverse la longuerine; le lien enfin est tendu au moyen d'un coin en bois dur, chassé en dessous de cette dernière.



Fig. 77. — Section du rail de Versailles, 15 kil. par mètre courant. Échelle 1/2.

Les longuerines sont fixées sur les traverses au moyen d'une pièce de fer plat boulonnée sur une face de chacune des traverses, et qui est découpée et façonnée à rebords pour recevoir la longuerine qui est chevillée sur elle.

A ce système, qui a été tout récemment introduit en France, on peut faire les objections suivantes : l'attache de la longuerine à la traverse est mince et peu durable; le rail est faible et trop étroit; les moyens de résistance latérale au déplacement sur la longuerine sont insuffisants; les filets latéraux représentent une dépense de métal inutile et empêchent d'approcher le pavage tout contre le rail; il y a également d'autres parties saillantes qui sont gênantes de la même manière; enfin la position du coin de serrage pour le rail, en dessous de la longuerine, est incommode pour la visite et les réparations. Ce système, comme beaucoup d'autres qui ont mal réussi pratiquement, conviendrait parfaitement bien s'il ne devait éprouver aucun déplacement; mais il n'est nullement ce qu'il faut pour résister aux efforts produits par le mouvement de roulement de corps pesants.

## Lille.

Les tramways de Lille sont construits comme les passages à niveau pour chemins de fer, avec deux rails et deux contre-rails qui laissent entre eux de chaque côté un espace vide suffisant pour le passage des boudins des roues (voir *fig.* 78).

Le rail et le contre-rail sont boulonnés sur un coussinet en fonte.

Les coussinets sont fixés au moyen de vis sur des traverses distantes de 1m,50; il n'y a pas de longuerines intermédiaires. Le vide pour le passage des roues du car est de 0m,030 comme dans la *fig.* 78. Mais en plaçant le contre-rail de manière que sa partie plane présente sa face au rail,

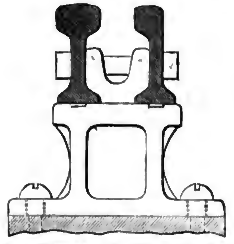


Fig. 78. — Tramways de Lille. Section des rails et du coussinet, pour le trafic des voyageurs. Rails de 14 kil. au mètre courant. Éch. 1/5.

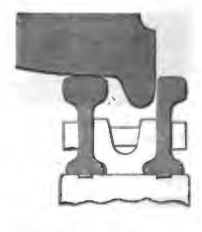


Fig. 79. — Tramways de Lille. Section montrant la disposition des rails pour les wagons de chemins de fer. Échelle 1/5.

comme dans la *fig.* 79, l'écartement s'augmente jusqu'à atteindre 0m,045, ce qui permet aux wagons de chemin de fer de circuler sur la voie.

| | |
|---|---|
| Poids du rail de 0,09 de hauteur. . . . . . . . . . . . . . . | 14k,230 |
| Poids du contre-rail de 0,09 de hauteur. . . . . . . . . . . | 11 ,150 |
| Poids total par mètre courant pour chaque rail. . . | 25k,380 |

Le même système de rail et contre-rail a été récemment adopté dans la construction des tramways de Genève (1).

## Belgique.

A Bruxelles, les tramways sont exploités par quatre compagnies distinctes qui ont chacune adopté des formes spéciales de rails. La ligne

(1) Une description plus complète de ce système sera donnée dans l'Appendice. (*Note du traducteur.*)

la plus ancienne est celle qui va de Schaerbeck au bois de la Cambre; elle a 7 kilomètres de long; elle a été terminée et ouverte en 1869. Toute les autres lignes ont été construites depuis 1870. A la fin de 1874, les longueurs des lignes de tramways ouvertes dans Bruxelles étaient les suivantes :

| | mèt. |
|---|---|
| Railway belge sur rues | 13 200 |
| Compagnie brésilienne | 10 800 |
| Compagnie des voies ferrées belges (bois de la Cambre) | 7 000 |
| Compagnie Becquet | 6 000 |
| Total des tramways ouverts dans Bruxelles | 37 000 |

Largeur de voie, $1^m$,435.

Dans les autres villes de Belgique, la situation est la suivante :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Anvers | 9 911 mètres | Largeur de voie | $1^m$.36 |
| Liége | 7 691 — | — | 1 ,435 |
| Gand | 7 497 — | — | 1 ,435 |

Ce qui donne une longueur totale d'environ 62 kil. de tramways ouverts en Belgique en 1874.

Les lignes ont été construites à double voie dans les trois premiers

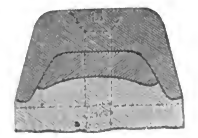


Fig. 80. — Tramways belges sur rues. Section du rail employé dans les faubourgs de Bruxelles. Échelle 2/5.

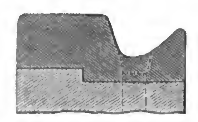


Fig. 81. — Tramways belges sur rues. Section du rail employé dans Bruxelles. 12 kil. par mètre courant. Échelle 1/5.

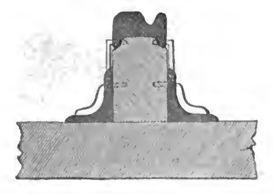


Fig. 82. — Voies ferrées belges. Section du rail, etc. 26 kil. par mètre courant. Échelle 1/16.

tramways de Bruxelles, la quatrième est à voie simple. Dans les trois autres villes, les lignes sont aussi à voie simple excepté sur une petite portion des tramways de Gand.

Les sections des rails employés dans les tramways de Belgique sont représentées dans les *fig.* 80 à 90.

L'entre-voie entre les deux lignes est de 1 mètre à Bruxelles: excepté dans les rues étroites où elle n'a que 0m,80. A Anvers elle est de



Fig. 83. — Voies ferrées belges. Section du rail pour les parties droites. 26 kil. par mètre courant. Échelle 2/5.



Fig. 84. — Voies ferrées belges. Section du rail pour les parties intérieures des courbes. 18 k. par mètre courant. Échelle 2/5.



Fig. 85. — Voies ferrées belges. Section du rail extérieur des courbes. 15k.500 par mètre courant. Échelle 2/5.

1 mètre, à Gand de 1m,05. A Liége, elle varie de 1m,50 à 1m,75 en vue de donner l'espace nécessaire au passage des wagons de railways.

Le rayon minimum de courbure permis dans un tramway est de



Fig. 86. — Compagnie brésilienne. Section du rail. 17 kil. par mètre courant. Échelle 2/5.

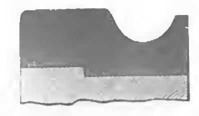


Fig. 87. — Anvers. Section du rail. 15 kil. par mètre courant. Échelle 2/5.



Fig 88. — Tramways d'Ixelles-Etterbecq à Bruxelles (Compagnie Becquet). Section du rail. 18k.500 par mètre courant. Échelle 2/5.

44 mètres. A Bruxelles, ce rayon est ordinairement de 30 à 43 mètres. Quelquefois, à cause du manque d'espace, il descend à 19m,50 mais rarement il va jusqu'à 14 mètres. A Anvers, le rayon minimum est de

25 mètres, excepté pour les parties traversées par le matériel de chemin de fer où le rayon ne peut être inférieur à 75 mètres.

La voie se compose généralement de rails à ornière en fer, placés sur une substructure en bois composée de longuerines reposant sur des tra-

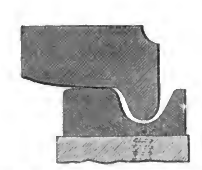


Fig. 89. — Tramways de Liége. Section du rail et du bandage d'une roue de wagon de chemin de fer. 28 kil. par mètre courant. Échelle 1/5.

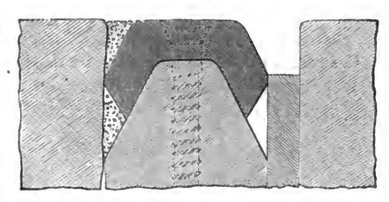


Fig. 90. — Tramways de Gand. Section du rail, etc. 12 kil. par mètre courant. Échelle 2/5.

verses. Les seules exceptions au rail à ornière sont les rails employés dans les faubourgs de Bruxelles et de Gand; ils sont construits sur le principe du « rail à croissant », *fig.* 17, page 14, pour lequel l'ornière est formée par un vide ménagé entre le rail et le pavage. Les sections des rails sont représentées dans les *fig.* 80 à 90; on y voit que, le plus généralement, les rails sont attachés sur les longuerines au moyen de vis verticales. La seule exception est le mode d'attache latérale, par crampons, employé sur les voies ferrées belges, *fig.* 82. A Liége, le rail a une ornière de 0m,05 de largeur.

Les poids des rails représentés ci-dessus sont les suivants :

BELGIQUE. POIDS DES RAILS PAR MÈTRE COURANT.

| | | |
|---|---|---|
| *Bruxelles.* | Rues belges, faubourgs | 11k,500 |
| — | — dans la ville | 12 ,000 |
| — | Voies ferrées belges | 26 ,000 |
| — | Brésilienne | 17 ,000 |
| — | Compagnie Becquet | 18 ,500 |
| *Anvers* | | 15 ,000 |
| *Liége* | | 28 ,000 |
| *Gand* | | 12 ,000 |

D'après une publication récente(1), la longueur, des tramways ouverts dans Bruxelles à la fin de 1876 montait à 45 312 mètres. Le nombre

(1) *Revue universelle*, 13 septembre 1876, page 375.

des voitures en service sur toutes les lignes était de 84 et celui des chevaux de 750. La dépense d'exploitation peut se calculer approximativement sur la base suivante :

| | Dépense totale par jour. | Longueur parcourue par jour. |
|---|---|---|
| 1 cheval. . . . . . | de 4f,50 à 5 fr. | de 20 à 30 kilom. |
| 1 car. . . . . . . | de 20 ,00 à 25 — | de 96 à 128 — |

Ces prix contiennent la totalité des dépenses d'exploitation.

La première dépense d'installation des tramways de Bruxelles est à peu près la suivante :

DÉPENSE DES TRAMWAYS DE BRUXELLES.

| | | |
|---|---|---|
| Voie, ligne simple. . . . . . . . . . . . . . . | de 197 200 fr. à 248 500 fr. | par kilomètre |
| Chevaux, y compris harnais et accessoires. . . . . . . . . . . . | 1 200 | par cheval |
| Cars en service, y compris accessoires. . . . . . . . . . . . . | 9 000 fr. | par car |
| Étables, hangars, bureaux ateliers, etc., par cheval effectif ou en service. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | de 2 000 fr. à 2 500 fr. | par cheval |

## Constantinople.

Les tramways de Constantinople, dont M. Lebout a été l'ingénieur, ont été construits avec le rail à ornière, pesant 23 kil., du modèle de



Fig. 91. — Tramways de Constantinople. Section du rail, etc. 23 kil. par mètre courant. Échelle 1/6.

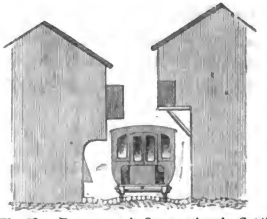


Fig. 92. — Tramways de Constantinople. Section d'une rue étroite avec une seule ligne de voie Échelle 1/140.

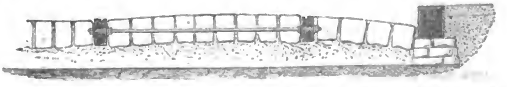


Fig. 93. — Tramways de Constantinople. Section d'une demi-largeur de rue et de voie. Échelle 1/40.

celui des tramways de Paris, et avec le mode d'attache représenté dans la *fig.* 91. Les rails sont boulonnés sur des longuerines posées sur une

couche de sable de 0m,20 d'épaisseur, répandue sur le fond de l'excavation. Les longuerines sont reliées par des entretoises en fer rond qui les traversent et sont fixées au moyen d'écrous sur leurs deux faces, comme l'indique la coupe de la voie, *fig.* 93. Les rues larges de 4 à 7 mètres, ont été pavées sur toute la largeur, comme l'indique la *fig.* 93.

Suivant M. Goschler, que nous avons déjà cité, les rails et leurs accessoires étaient fournis par les usines de Terre-Noire et rendus à Constantinople aux prix suivants :

TRAMWAYS DE CONSTANTINOPLE.

| | |
|---|---|
| Rails et éclisses | 270f,50 |
| Boulons | 590 ,00 |
| Rondelles | 790 ,00 |
| Entretoises, distantes de 2 mètres | 830 ,00 |

Le poids des matériaux par mètre courant était le suivant :

| | |
|---|---|
| Rails | 46k,00 |
| Éclisses pour rails | 0 ,747 |
| — pour longuerines | 0 ,688 |
| Boulons | 0 ,920 |
| Entretoises | 1 ,500 |
| Poids total par mètre courant de voie | 49k,855 |
| — quand les entretoises sont à 2 mèt. | 51 ,355 |

Dépense et pose de voie, y compris charrois et entretien pendant une année. 3f,35 le m. court.
Dépense de pavage. . . . 5 ,00 —

M. Goschler a donné (1) une analyse des comptes des tramways de Constantinople pour 1872, qui renferme beaucoup de détails instructifs.

## Moscou.

La première section des tramways de Moscou a été ouverte en Août 1874; et en 1875, il y avait une longueur totale de 96 kilomètres livrée au com-

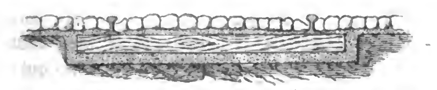


Fig. 94. — Tramways de Moscou. Section d'une ligne. Échelle 1/44.

(1) Les chemins de fer nécessaires. — *Comptes rendus de la Société des ingénieurs civils*, 1873, p. 366.

merce. La voie a été projetée par l'ingénieur des tramways, le colonel Sytenko, qui commença par rejeter le rail à ornière et adopta le type Vignoles posé sur des traverses, comme le représentent les *fig.* 94, 95.

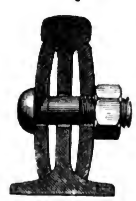


Fig. 95. — Tramways de Moscou. Section d'un rail et d'une éclisse, 18 kil. par mètre courant. Echelle 1/1.

Les rails sont en acier, proviennent des usines du Creusot, et pèsent 18 kil. par mètre courant; on leur a donné une hauteur de 0m,125 pour permettre de placer près d'eux des pavés de hauteur suffisante au-dessus des traverses. Les pavés qui sont contigus aux rails, et dans l'intérieur, sont entaillés pour former une ornière qui laisse passer les boudins des roues. Il paraît que les contre-rails ont été jugés nécessaires seulement aux pointes et aux croisements. Les rails sont posés à une largeur de voie de 1m,50, sur des traverses placées à des distances de 1m,30. On croit, — et cela est vraisemblable, — que dans ce système de voie la force de traction nécessaire est de moitié moindre que celle qu'exige le rail ordinaire à ornière.

## Tramways de Leipzig.

La première section des Tramways de Leipzig, composée de la ligne de la Promenade autour de la ville et des embranchements de Rendwitz et Connewitz, sur une longueur de 9 600 mètres, a été ouverte le 18 Mai 1872. La ligne qui va à Lindenau a été livrée en Septembre de la même année; cela faisait un total de 13 900 mètres environ de voie ouverte au trafic en 1872. Il y a maintenant en tout cinq lignes livrées, qui constituent une longueur totale de 18 080 mètres.

Les rails sont placés à une distance ou largeur de voie de 1m,435, suivant le système connu sous le nom de système de Vienne, mais qui est en réalité semblable à la voie de Loûbat, déjà décrite page 116. Les rails sont en fer et du poids de 15 kil. au mètre courant. Ils ont 0m,075 de large et portent des oreillettes ou rebords à faces obliques, représentées dans les *fig.* 96, 97. Ils sont posés sur des longuerines remarquables par leur hauteur et leur faible épaisseur; elles ont 0m,20 de haut sur 0m,07 de large. Elles sont chanfreinées pour recevoir les rails qui sont fixés sur elles au moyen de chevillettes de 0m,11, passant dans des trous pratiqués dans les rebords. Les longuerines reposent, en y pénétrant, sur des traverses larges de 0m,18, épaisses de 0m,13, longues de 1m,98 et placées dans du ballast, à des distances de 1m,83. Les longuerines sont fixées sur les traverses au moyen de coins en chêne. Quand la ligne passait sur des

rues déjà pavées, le pavage était renouvelé sur toute leur largeur. Sur



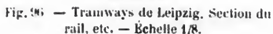


Fig. 96. — Tramways de Leipzig. Section du rail, etc. — Échelle 1/8.



Fig. 97.— Tramways de Leipzig. Section du rail. 15 kil. par mètre courant. Échelle 1/2.

les routes macadamisées, on établissait seulement une étroite bande de pavage de chaque côté du rail.

### Tramway de Cassel.



Fig. 98. — Tramway de Cassel. Section du rail et du bandage de la roue. Échelle 1/2.

Le tramway de Cassel a été ouvert le 9 Juillet 1877, pour être exploité par des locomotives à vapeur fournies par MM. Merryweather et fils. La *fig.* 98 représente la section du rail avec le bandage des roues de la locomotive.

### Lisbonne.

En 1873, MM. Edwin Clark, Punchard et Cᵉ ont obtenu une concession pour la construction et l'exploitation d'un système de tramways dans le Portugal, sur une longueur de 81 600 mètres, de Lisbonne à Cintra pour les voyageurs, et de Lisbonne à Torres-Vadros spécialement pour les marchandises et les vins. Ces tramways comportaient une ligne simple placée sur les routes ordinaires; ils devaient être exploités par des locomotives-tenders traînant des voitures à voyageurs et des wagons de marchandises, à une vitesse de 24 kilomètres à l'heure. La pente ordinaire était de 1 sur 20 et les courbes les plus raides avaient un rayon de 7$^{m}$,62.

La voie se compose de trois rails parallèles posés sur des traverses. Le rail central est à base plate, pesant 18 kil. par mètre courant et chevillé sur les traverses. Les rails extérieurs sont des bandes de bois de chêne.

larges de $0^m,20$ à $0^m,225$, épaisses de $0^m,075$ et placées à une distance de $1^m,27$ d'axe en axe. Les traverses sont alternativement assez longues pour porter les trois rails et assez courtes pour ne porter que celui du milieu. La machine et le train étaient guidés par ce dernier; le poids du train portait sur lui, tandis que la majeure partie de celui de la machine reposait sur les longuerines en bois, par l'intermédiaire des roues motrices.

Les machines avaient deux cylindres, de $0^m,28$ de diamètre avec une courses de $0^m,457$; les roues motrices avaient $1^m,04$ de diamètre et $0^m,35$ de largeur aux bandages. La pression dans la chaudière était de 10 kil. 16 par centimètre carré. La machine était portée par deux trains, l'un à l'avant l'autre à l'arrière, arrangés comme des bicycles et courant sur le rail central. La distance entre les centres de ces trains était de $3^m,96$. Le poids de la machine vide était de 11 tonnes 250 kil.; en exploitation, il était de 13 tonnes 460 kil. sur lesquels on pouvait compter sur 8 tonnes 630 kil. de poids adhérent. Suivant M. Curry (1), ces machines pouvaient mener un train de six voitures avec 132 voyageurs, pesant en tout 22 tonnes 860 kil., sur une rampe de 1/20 ou $0^m,05$. Les trains de marchandises les plus lourds remorqués sur la même pente se composaient de six wagons pesant 28 tonnes 950. kil.

Il paraît que ces tramways ont été abandonnés.

### Tramways de la ville de Wellington, Nouvelle-Zélande.

Dans le projet de ces tramvays, *fig.* 99, actuellement en cours de construction, avec une voie de $1^m,06$, il semble qu'on ait ignoré les meilleurs résultats de l'expérience acquise en Europe et en Amérique. Le rail est une barre plate, large de $0^m,088$, épaisse de $0^m,028$ avec une ornière profonde de $0^m,018$ et qui ne laisse au métal qu'une épaisseur de $0^m,010$ en ce point. Il est chevillé au travers de l'ornière sur une longuerine large de $0^m,10$ et haute de $0^m,15$. Les longuerines reposent sur des traverses de $0^m,15$ de largeur sur $0^m,10$ d'épaisseur et $1^m,50$ de longueur, placées à des distances de $1^m,04$ d'axe en axe. Les traverses sont attachées aux longuerines à l'aide d'un petit sabot placé de chaque côté et fixé avec une chevillette sur chacune de ses faces.

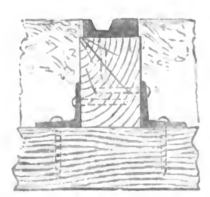


Fig. 99. — Tramway de la ville de Wellington. Section du rail etc. Échelle 1/8.

(1) *Les Tramways de Lisbonne*, mémoire lu le 6 mars 1874 à l'Institution des Ingénieurs civils, par M. Mathieu Curry. Jun-Stud. I. C.

# CHAPITRE XI

## CONCLUSIONS GÉNÉRALES SUR LES PROJETS ET LA CONSTRUCTION DES TRAMWAYS

En résumant d'une manière sommaire et en plaçant en parallèle les avantages et les inconvénients des systèmes de tramways actuellement employés, il faut tout d'abord bien se mettre dans l'esprit qu'il est possible et probable que des systèmes différents puissent être également bons et, au point de vue mécanique, équivalents les uns aux autres. Il y a des différences bien marquées entre les substructures en bois et celles en métal; entre les fondations de bois et béton et celles de béton seulement; entre les supports continus et les supports intermittents pour les rails. Viennent ensuite les prix comparatifs des divers systèmes, première dépense, puis dépense d'entretien; et ceci nous conduit à cette autre question d'importance fondamentale, la comparaison de l'excellence et de la durée de la surface de roulement et de la facilité relative de traction. Les raisons qui conduisent à remplacer la surface ordinaire des rues et routes par les tramways se résument dans ce point unique : la réduction à un minimum de la résistance à la traction. Il y a eu des tramways, — il y en a encore, — sur lesquels cette résistance a été aussi grande en pratique que sur les rues bien entretenues; ce sont là des méprises au point de vue de l'art de l'ingénieur et de la bonne administration; et il aurait mieux valu qu'ils n'eussent pas été construits du tout, s'il ne nous restait cette consolation que les mécomptes sont instructifs et que, en procédant par élimination, ils peuvent nous conduire au succès.

On voit ainsi qu'une surface de roulement de première qualité est la partie essentielle d'un tramway, — d'un chemin de fer sur rue, — et on a tort de s'attacher trop étroitement à l'élément de la dépense de première installation; car, pour les systèmes de tramways donnant de bons résultats, la variation dans le montant de cette dépense n'a pas une im-

portance bien considérable. Comme le fait nettement ressortir M. Robinson Souttar, « dans tout tramway bien construit, il y a trois quantités « constantes, — le béton, le pavage et les rails, — qui constituent plus « des trois quarts de la dépense totale; l'autre quart représente le prix « des supports longitudinaux. » Il n'y a pas non plus grande différence dans les frais d'entretien qui ne montent pas à un chiffre bien élevé, — de 3 p. 100 à 6 p. 100, — par rapport à la dépense totale d'exploitation d'un tramway. Au contraire, on ne saurait trop apprécier la valeur pratique d'une bonne surface de roulement; car les dépenses de traction et d'entretien des cars dépendent dans une large mesure de la condition de la surface, et elles constituent à peu près les deux tiers des frais totaux d'exploitation.

A une surface de roulement parfaite, il faut joindre un pavage uni et durable, de manière à conserver un niveau uniforme; et ceci n'est pas seulement nécessaire, au point de vue spécial du tramway, mais bien encore en raison des autres transports qui se font dans la rue. Un tramway construit d'une manière complète doit donc combiner une surface de roulement parfaitement résistante avec un pavage ferme et durable. La première condition, — celle d'une surface de roulement parfaite, — a été impossible à réaliser tant que les rails ont été fixés au moyen de chevillettes ou de boulons verticaux passant par le fond de l'ornière du rail. Mais quand on a introduit les attaches latérales de M. Larsen, perfectionnées par M. Hopkins, qui ont permis d'appliquer le rail d'une manière bien exacte sur les longuerines et de l'y fixer, au moyen de crampons ou agrafes latérales tout à fait à l'abri des dérangements causés par les chocs du trafic, le problème s'est trouvé grandement simplifié. La raideur du rail, tant verticalement que latéralement, a augmenté, dans une large proportion, par l'adoption de ces attaches latérales. Placées, comme elles le sont, hors d'atteinte des coups qui se produisent à la surface, elles ont, grâce à leur disposition sur les côtés, un moment de résistance puissant contre les forces provenant des chocs latéraux obliques, — et à cet égard, un goujon ou un boulon central est bien évidemment inférieur au crampon latéral. On empêche aussi par là les mouvements verticaux sous le trafic, et l'action destructive des coups à la surface se trouve enrayée dès le principe. Le mode d'attache sur le côté était si simple et, après son introduction, si intuitif qu'on ne peut s'empêcher de regarder avec étonnement la combinaison toute primitive d'une barre plate à ornière de résistance minima, avec une chevillette verticale, qui a continué d'être employée jusqu'aujourd'hui. Étonnons-nous donc et passons outre. Mais avant, notons que M. Livesey et M. Cockburn-Muir avaient, dès l'origine, bien senti la nécessité, au point de vue mécanique, de rendre les attaches indépendantes

de la surface de roulement et avaient, en conséquence, eu recours à des coins pour fixer latéralement le rail. Leurs systèmes, en tant que voies métalliques, ont été bien en avance sur leur époque; et quoiqu'ils ne soient pas encore entrés dans le domaine de la pratique anglaise, ils ont depuis longtemps été appliqués d'une manière générale à l'étranger.

Étant donc donné le principe du rail à recouvrement ou rail à rebords, et l'attache latérale, le plus difficile est fait; car le principe de l'attache sous-jacente est applicable à toutes les variétés de rails.

Restent à examiner la substructure et la fondation. Le rôle de la substructure est de porter les rails, de les maintenir à la largeur de voie, tandis que la fondation est établie pour donner une base ferme et uniforme pour les rails et le pavage tout ensemble, en les obligeant à rester tous deux au même niveau. Dans quelques systèmes de tramways, la substructure s'identifie dans une certaine mesure avec la fondation et en fait partie. Dans presque tous les systèmes, la fondation se compose entièrement ou en grande partie de béton; cette pierre artificielle, douée d'une force d'adhésion considérable, se prête admirablement, quand elle est bien faite, à reporter les poids morts sur le sol et à répartir les pressions venant de la partie supérieure. Avec une large base de béton, on peut arriver à maintenir effectivement les rails et le pavage à un niveau uniforme. Une base large et solide est indispensable pour cela, et si la nature ou les usages antérieurs ne la donnent pas, c'est à l'art d'y pourvoir.

La substructure doit fournir un appui continu au rail; car la construction d'un support continu est plus simple et meilleure que celle qu'exigent les appuis isolés. Mais, par dessus tout, la continuité des supports contribue à la perfection et au maintien de la surface de roulement; non-seulement parce qu'elle assure la raideur longitudinale et latérale, mais encore parce qu'elle empêche la torsion du rail, torsion qui serait causée par la pression excentrique des roues sur ces pièces métalliques ne portant que sur des appuis isolés. Prenons comme ligne où la pression verticale se produit, la ligne médiane d'une surface de roulement large de $0^m,05$ appartenant à un rail de $0^m,10$ de largeur; elle ne se trouve qu'à $0^m,025$ de l'arête extérieure de celui-ci et elle est évidemment à $0^m,025$ de distance de la ligne centrale d'appui. Il est bien clair alors que le rail, qui est porté par des supports isolés, est exposé à un effort de torsion entre ces supports, effort qui tend à le faire porter à faux sur le côté; et qu'il a besoin d'être raidi suffisamment pour y résister. En outre, ce même effort finit par atteindre les attaches et les fatiguer.

Une grande étendue de surface d'appui entre les rails, la substructure et la fondation n'est pas indispensable. L'expérience a démontré que l'appui continu sur de bon béton, de deux longuerines, larges de $0^m,10$,

est suffisant pour supporter le trafic le plus pesant des rues et maintenir le niveau des rails. Deux largeurs de $0^{m},10$ chacune ou de $0^{m},20$ ensemble, ne donnent qu'un cinquième de mètre carré de surface d'appui par mètre courant de voie. On s'est trouvé conduit à cette donnée, plutôt qu'on ne l'a déduite des résultats pratiques, tout simplement parce que les premiers rails anglais pour tramways avaient $0^{m},10$ de large, et qu'on a donné la même dimension aux longuerines sur lesquelles ils étaient posés, afin de pouvoir approcher le pavage tout contre eux et de chaque côté. Il est très-probable qu'une moindre proportion de surface d'appui, bien placée, serait suffisante. En effet le rail et la longuerine de M. Deacon n'ont que $0^{m},082$ de large et ne donnent qu'une surface d'appui de $0^{mq},164$ par mètre courant pour les deux longuerines. Les supports séparés de M. Kincaid, établis sur béton, donnent une surface de $0^{mq},237$ par mètre courant de voie. Il serait difficile de fixer une limite bien certaine pour la surface d'appui qu'on doit prendre sur le béton; car M. Grant a démontré que le béton au ciment de Portland, vieux de douze mois, peut résister sans s'écraser à des poids de $99^{k},5$ à 186 kil. par centimètre carré, suivant la force de sa composition.

L'extension plus ou moins grande de la surface d'appui sur une fondation en béton n'a donc pas, en pratique, une grande importance et ne change en rien, dans un sens ou dans l'autre, le caractère de la voie au point de vue de sa durée et de ses qualités; nous supposons, bien entendu, que le béton a été bien fait et bien posé; et l'expérience a prouvé qu'on ne pouvait raisonner sur des hypothèses différentes.

Il est à peine nécessaire d'ajouter que les longuerines de bois en bon état peuvent très-bien, et sans compression exagérée, supporter d'une manière permanente des rails de $0^{m},075$ à $0^{m},10$ de large, reposant sur elles d'une manière continue.

La substructure doit aussi maintenir strictement les rails à la largeur de voie. En d'autres termes, ces derniers doivent être empêchés de se déplacer l'un par rapport à l'autre, en augmentant ainsi la voie ou la largeur qui les sépare. Le maintien de la voie est indispensable; car si sa largeur augmente, les boudins des roues de cars qui sont disposés de manière à courir près des parois intérieures de l'ornière quand ils sont bien placés, se serrent contre les bermes ou rebords qui constituent les joues intérieures de ces ornières. L'effet d'un pareil écartement dans la voie est d'augmenter la résistance de frottement des cars et, si cela continue assez longtemps, d'user les boudins, de réduire leur épaisseur, d'augmenter la difficulté de passage aux pointes et aux croisements, et finalement de conduire au déraillement des véhicules. Heureusement, le déraillement d'un car de tramway, quoiqu'il puisse être fort gênant, est

une chose insignifiante comparée à celui d'un train de chemin de fer; mais les autres inconvénients de l'agrandissement de voie sont bien plus sensibles sur un tramway que leurs analogues sur un railway.

Il est à peine besoin d'ajouter que, lorsque la puissance mécanique viendra remplacer comme moteur l'application barbare du travail des chevaux aux tramways, et lorsque les voitures de railways, wagons et locomotives circuleront sur ces voies, il deviendra impérieusement nécessaire d'avoir, pour maintenir la voie, des moyens positifs, précis et suffisants. Le pavage dans lequel les rails sont enfermés aide sans doute matériellement à les maintenir à la voie; mais on ne peut l'accepter qu'à titre d'auxiliaire utile.

La méthode qui consiste à assujettir les rails à la largeur de voie à l'aide de traverses sur lesquelles sont fixées les longuerines au moyen de coussinets solides ou de sabots, ou bien au moyen d'assemblages par entailles, donne des résultats bien certains. Il en est de même aussi pour les barres, formant entretoises, qui relient les longuerines sur lesquelles portent les rails. Quand les longuerines sont logées dans le béton sur une certaine partie de leur hauteur, le béton forme une liaison qu'on peut regarder comme bien effective; dans la pratique cependant, on ne la considère que comme un auxiliaire à d'autres liaisons. Enfin, les coussinets de M. Kincaid sont solidement immergés dans des blocs de béton construits dans des trous qu'on a creusés dans le sol. Néanmoins, sur les routes macadamisées où il n'y a pas de pavage prévu, M. Kincaid ajoute une entretoise transversale à chaque couple de coussinets de joint; et dans la voie plus récemment construite à Sheffield, on a remplacé les blocs isolés par une solide couche de béton posée sur toute la largeur.

De toutes les variétés d'entretoises appliquées aux longuerines, la seule qui soit efficace comme lien maintenant nécessairement la largeur de voie, est la barre qui traverse les longuerines, et sur laquelle un écrou, se vissant à chaque extrémité, amène la longuerine contre un épaulement ménagé sur la barre. Pour les longuerines en fer, des barres mortaisées à chaque extrémité, qui traversent ces longuerines ou ces blocs et sont fixées au moyen de clavettes, donnent également des résultats certains. Les barres, formant entretoises, sont un simple moyen de liaison et peuvent être commodes et suffisantes pour les tramways légers, ou pour ceux qui sont pavés en pavés de petit échantillon, par exemple avec des cubes de $0^m,10$ de côté; car, dans ce cas, elles peuvent être placées à un niveau suffisamment bas pour ne pas toucher le pavage. Mais pour des tramways plus chargés, avec pavage de $0^m,125$, $0^m,15$ ou 0,175 de queue, les entretoises sont incommodes; car elles se trouvent dans l'épaisseur du pavage et doivent être logées entre deux rangs. Il faut bien aussi admettre que

les barres légères ordinairement employées comme entretoises sont matériellement insuffisantes.

Enfin, il faut aussi des liaisons efficaces dans la substructure pour maintenir le niveau aussi bien que la largeur de la voie; et, pour qu'elles puissent avoir des proportions suffisantes, elles doivent être entièrement en dehors du pavage et à un niveau inférieur, où l'on a quantité d'espace disponible. Pour remplir ces conditions, particulièrement pour le trafic des chemins de fer, il n'y a rien de meilleur que les traverses sur lesquelles sont placés et solidement fixés des longuerines ou des coussinets en bois ou en fer. Les traverses, tout naturellement, sont logées dans du béton ou en sont entourées, et constituent avec lui la fondation. La liaison transversale des deux rails est ainsi complète au point de vue de la structure, et c'est la meilleure condition pour maintenir en bon état les lignes d'un tramway.

Les traverses en bois donnent des résultats très-satisfaisants. Celles en fer, comme celles de Vauteren, qui sont employées sur des railways du continent, pourraient bien faire aussi; mais la traverse de bois vaut mieux, parce qu'elle a du volume et de la surface, qu'elle peut mieux se faire une place et la garder, et adhérer par frottement au béton qui l'entoure. Si l'on désirait quelque chose de plus pour ancrer les traverses, on pourrait avoir recours au moyen simple de M. Souttar, qui consiste à tailler leurs faces en biseau et à les placer dans une base de béton à la manière des joints à queue d'aronde.

Qu'un tramway doive reposer sur une substance élastique, — le bois — c'est une doctrine qui a été soutenue par quelques personnes avec un certain degré de ténacité. D'autres personnes au contraire ont prétendu qu'il devait porter sur une substructure rigide — le fer. La question de l'élasticité de la matière de la substructure — en entendant élasticité dans le sens conventionnel ordinaire — est parfaitement indifférente. Le bois est élastique, la fonte l'est aussi. L'action qui se produit est un roulement et non une percussion; la vitesse est faible, jamais considérable; les cars, aussi bien que les machines de l'avenir, sont et seront placés sur des ressorts ayant un large champ de déplacement élastique. Le pavage des rues, — pavés de granit sur couche de sable, — n'est pas élastique dans le sens conventionnel du mot; mais il se prête bien au passage des charges à la vitesse ordinaire du trafic dans les rues. On a essayé les pavages élastiques; ils n'ont pas réussi. La vérité est que la hauteur de la substructure nécessaire pour la formation d'un tramway est suffisante pour développer autant d'élasticité — perceptible au toucher sinon à l'œil — que cela est nécessaire pour empêcher une structure solide de se disloquer.

La forme de la section de l'ornière du rail est un sujet qui mérite un examen sérieux. Dans beaucoup des rails dont nous avons donné les dessins, on peut remarquer que les côtés de l'ornière présentent un plus grand degré d'évasement au dedans que vers le dehors, à partir de la roue que dessous elle. La raison en a été, dans quelque cas, d'économiser le métal ; mais l'économie ainsi réalisée est tout simplement insignifiante. D'autres ingénieurs ont adopté une pente douce en vue de faciliter l'expulsion hors du rail de la boue sèche et autres détritus par l'action de coinçage qui se produit lors du passage des roues à boudins et qui s'exerce bien mieux ainsi que quand les parois sont verticales. La résistance à la traction est bien plus grande quand l'ornière est remplie des dépôts durs, que quand elle est propre ; et il faut de toute nécessité que la boue ou les petites pierres qui viennent s'y loger en soient expulsées, ou bien qu'on passe par dessus. C'est un fait d'observation générale que la résistance augmente considérablement dans ces conditions et il ne faut pas en chercher bien loin la raison principale : les roues se meuvent en même temps sur deux circonférences de rayon différents, celles des bandages et celles des boudins. Une ornière carrée, par sa forme même s'oppose à l'expulsion des détritus ; et il peut arriver, et il arrive souvent, que la résistance d'un car dans des ornières encombrées augmente tellement qu'elle équivaut à peu près à celles des roues circulant sur les routes ordinaires. Dans les sections des rails américains à ornière, et particulièrement dans celui de M. Light, l'avantage d'une berne s'étendant largement et en pente a bien évidemment été apprécié par les ingénieurs qui les ont projetés.

C'est la crainte de voir les roues à bandes étroites des voitures légères se prendre dans les ornières qui a conduit dans quelque cas à leur donner des dimensions très-restreintes et telles que, pour quelques-unes, la largeur ne dépasse pas $0^m,025$, et que, lorsqu'elles sont bien nettoyées, elles ne laissent que juste l'espace nécessaire pour le passage des boudins des roues.

Mais on sait maintenant que le dérangement des voitures ordinaires qui circulent sur les routes est dû au frottement de leurs roues contre les faces extérieures des rails quand on laisse la surface du pavage baisser au-dessous de son niveau normal ; et c'est là une cause de désorganisation à laquelle l'ornière n'a rien à faire.

Il faut remarquer de plus que les boudins des roues en portant occasionnellement sur le fond de l'ornière, par suite de la présence dans celle-ci de boue, poussière ou pierres, donnent naissance à des efforts considérables agissant sur le métal à son point faible. Les boudins peuvent aussi se mouvoir directement sur le fond, quand l'épaisseur de la table de roulement

a diminuée par l'usure ; ce qui produit un effet semblable. On trouve en effet que les vieux rails amincis, soumis à une pareille action, s'ouvrent latéralement et se fendent quelque fois au fond de l'ornière.

Ainsi la forme de l'ornière est un point important et la meilleure est celle où la paroi voisine de la table de roulement est verticale, et où l'on reporte toute l'inclinaison sur la paroi intérieure. Telle est la forme qu'elle présente dans les rails de M. Barker et de M. Fowler.

Le pavage doit être spécialement conçu en vue du tramway, et l'important est de le construire de manière qu'il conserve son niveau et reste en affleurement avec les rails. On a pris beaucoup de précautions pour empêcher les rails de baisser; tandis qu'on a souvent posé le pavage sans support permanent suffisant. Un pavage sur sable, gravier ou cendres, qui pourrait suffire dans une rue où n'existent pas de rails de tramways, ne peut plus s'accomoder avec deux rails placés sur des supports rigides et reposant sur une fondation inébranlable. Il n'y a rien de mieux à faire en pareil cas que de lui donner une fondation solide et résistante, identique à celle des rails. On satisfait à cette nécessité en bétonnant la surface inférieure à peu près jusqu'au niveau du dessous des pavés, et en constituant ainsi un fond sur lequel ils puissent, avec l'aide d'une mince couche de sable, être mis et maintenus au niveau nécessaire. Enfin, pour être sûr que l'eau ne pénétrera pas, et qu'il ne remontera ni sable ni boue, les pavés devront être jointoyés avec une composition bitumineuse adhérente et élastique.

En prenant les conclusions que nous venons de tirer comme des bases pour l'estimation des mérites des différents systèmes de tramways, on verrait que, sur le nombre, ceux qui ont été récemment exécutés à Glascow fournissent le meilleur exemple de tramways à substructure de bois qui ait jusqu'ici été construit dans son entier. Le tramway de M. Souttar contient les éléments d'un bon système ; les dispositons prises pour fournir aux pavés une surface d'appui plane et verticale contre les rails donnent de grandes facilités pour la pose du pavage. Pour atteindre ce but, M. Souttar a dû reculer intérieurement les oreillettes, diminuer la largeur d'appui du rail sur la longuerine et entailler cette dernière suivant deux profondes rainures. Pour quelques esprits, ces entailles qui ont une largeur inusitée, $0^{m},018$, de chaque côté, peuvent être un inconvénient. Mais quoique la surface d'appui sur la pièce soit en effet réduite, il en reste encore bien assez pour le rail ; et de plus l'assiette est meilleure, car les oreillettes se trouvent écartées des parois de la longuerine, où les rails ordinaires à rebords ont une tendance à s'ouvrir vers le dehors. Le profil du rail présente aussi l'avantage de placer les oreillettes plus près, sous la surface de roulement d'un côté et sous l'ornière de l'autre.

Parmi les tramways à substructures métalliques, le système de M. Kincaid, dont la spécialité est l'économie, est le seul sur lequel on ait acquis une expérience de quelque durée en Angleterre. Les coussinets ou supports isolés, distants de 0m,90 d'axe en axe, sont mis de niveau et posés indépendamment les uns des autres. A ce point de vue, le système de supports couplés de M. Livesey, deux par chaque longuerine, est meilleur; car ils constituent une ossature à liaisons et peuvent être réglés et posés avec facilité. En outre, ils sont reliés transversalement d'une manière efficace par deux entretoises; de cette manière, les supports et longuerines sont maintenus ensemble à la fois longitudinalement et dans le sens transversal; et ils se prêtent un appui mutuel qu'on ne trouve pas dans le système de coussinets isolés de M. Kincaid. Ces derniers ne sont reliés ni longitudinalement ni transversalement, et leur stabilité à chacun dépend de la fixité de la portion de béton qui lui correspond.

La portée du rail sur les points d'appui intermédiaires, dans les voies de M. Kincaid et Livesey, est de 0m,088, tandis que dans le système de M. Cockburn-Muir, elle est de 0m,29. Il est bien évident que la longueur d'appui sur la longuerine de ce dernier ingénieur doit avoir l'avantage de donner de la raideur au rail; aussi a-t-il profité du bénéfice de cette disposition pour mettre plus de distance entre les supports et employer un rail moins pesant que ceux des autres ingénieurs. Les trois systèmes peuvent être comparés comme il suit :

| RAILS. | POIDS par mètre courant. | DISTANCE entre les axes des longuerines | PORTÉE entre les supports. |
|---|---|---|---|
| | kil. | mèt. | mèt. |
| M. Kincaid. Fer. | 21,500 | 0,915 | 0,825 |
| M. Livesey. Acier. | 20 | 0,915 | 0,775 |
| M. Cockburn-Muir. Fer. | 15 | 1,065 | 0,775 |

Maintenant, il faut poser en principe qu'un rail peut bien être assez fort, en tant que support, pour porter un poids quelconque placé sur lui, tandis qu'il peut très-bien n'être pas assez raide; car la résistance à la flexion doit être une considération dominante dans le projet d'un tramway. Cette flexion doit être réduite au minimum puisque la raideur dans le sens vertical est la première condition qui assure un minimum de résistance à la traction. Il est évident aussi que la raideur dans le même sens est une condition essentielle pour garantir la stabilité des attaches.

La raideur d'un rail est en raison inverse du cube de sa longueur; on voit, d'après cela, que le rail de M. Cockburn-Muir, s'il avait la même section que celui de M. Kincaid serait plus raide dans le rapport de $\overline{0,825}^3$ à $\overline{0,775}^3$ ou à peu près de 5 à 4.

Il est digne de remarque qu'une différence de 0m,05 dans la distance des supports puisse causer un changement d'un quart ou d'un cinquième dans la raideur du rail; ce fait montre l'avantage de rapprocher les supports intermittents et de réduire la portée du rail en lui donnant une grande longueur de surface d'appui sur le coussinet ou support. On a un exemple de ces avantages en supposant les longuerines-blocs de M. Cockburn-Muir, placées à 0m,915 de distance d'axe en axe, la même distance que pour celles de M. Kincaid. Les portées entre les supports et la raideur relative des rails — (inversement proportionnelle au cube des portées) — en supposant qu'on emploie le même rail pour les deux cas, seraient les suivantes :

| | DISTANCE des supports. | PORTÉES entre les supports. | ROIDEUR relative. |
|---|---|---|---|
| Appui court. . . . . . . . . . . | 0,915 | 0,825 | 1 |
| Appui long. . . . . . . . . . . | 0,915 | 0,622 | 2 1/3 |

Ceci montre que si le rail de M. Kincaid était posé sur des coussinets ayant 0m,292 de longueur de surface d'appui, il aurait 2 1/3 fois la raideur qu'il a réellement ou que sa flexion, dans le cas des supports plus longs, serait inférieure à la moitié de ce qu'elle est pour les supports actuels. On peut remarquer que la forme des coussinets de M. Kincaid se prête aisément à l'extension de la surface d'appui; si la longueur de cette dernière, qui est de 0m,089 pour les coussinets intermédiaires, était seulement doublée et portée à 0m,178, comme pour les coussinets de joint, la raideur augmenterait de près de moitié.

De la même série de raisonnements, on déduit logiquement qu'avec un sepport continu sous le rail, la raideur est indéfiniment plus grande que dans le cas de supports isolés. Mais on ne doit pas en conclure que le rail qui repose sur un appui continu peut être fait d'un modèle excessivement léger. Il faut qu'il soit d'un échantillon suffisant pour pouvoir résister à l'action de tréfilement et de laminage que produisent des poids en mouvement concentrés sur les roues; pour résister aux effets de la faiblesse accidentelle de la substructure; pour donner un passage par dessus les joints inévitables de cette dernière, alors même qu'elle est nominalement continue; pour combattre enfin les dislocations accidentelles de la voie et les innombrables variétés d'efforts auxquels sont exposés les rails de tramway.

Il faut remarquer que M. Kincaid bourre du béton sous les rails, d'un support à l'autre; cette construction est à la vérité principalement destinée à remplir le vide; cependant elle aide dans une certaine mesure à soutenir le rail. Il a augmenté peu à peu les dimensions de ce dernier, a remplacé le fer par de l'acier, en sorte que dans sa pratique récente, comme à Leicester, il emploie des rails d'acier, pesant 23k,500 par mètre courant; tandis qu'à Sheffield les rails dernièrement placés dans son système pèsent de 24 à 25 kil. par mètre courant. La forme du rail de M. Kincaid répond à la nécessité où l'on se trouve de parer d'une manière spéciale aux efforts de torsion produits par un poids placé excentriquement sur un rail porté par des appuis isolés; sa surface de roulement est plus élevée à l'arête intérieure et va en baissant vers le dehors. Par cette disposition simple, la route porte sur l'arête intérieure de la table et sur la ligne centrale. Néanmoins, il est bien évident que l'obligation pour la roue de se mouvoir sur la surface étroite ainsi ménagée laisse quelque chose à redire, en ce sens que son usure est localisée dans le voisinage du boudin; et il est permis de se demander si l'adhérence des roues de locomotives de tramway ne serait pas moindre sur une ligne étroite que sur une surface de contact plus étendue. Mais, comme compensation, la résistance de frottement pour la traction est aussi probablement moindre.

Il vaut toujours mieux prévoir un support continu et uniforme, et composé de la même matière : en fer, si ce doit être du fer; en bois, si ce doit être du bois. Comme système de support métallique continu pour le rail, celui de M. Barker est le seul qui ait encore été mis en pratique. Sa longuerine en fonte est bien étudiée pour donner de la force dans le sens latéral et vertical; les surfaces à cannelures, qui forment la jonction du rail et de la longuerine, contribuent avec l'âme centrale à maintenir le rail solidement en place sur la longuerine. Ce siége à redans constitue en effet la principale liaison. entre ces deux pièces. Mais il y a dans l'ossature bien peu de liaison transversale entre les longuerines pour maintenir la largeur de voie, quand on considère que celles-ci reposent sur de minces bandes de mortier formant fondations et placées dans le fond de l'excavation. Elles sont, il est vrai, remplies de la même matière que la couche sur laquelle elles sont placées et acquièrent ainsi un certain degré de résistance contre les actions latérales; mais la résistance provenant de cette source doit être relativement bien faible. A ce point de vue, la longuerine de M. Barker — qui a 0m,075 de largeur en œuvre — forme un contraste marqué avec les rails en fonte de MM. Ransome, Deas et Rapier, à Glascow, qui ont 0m,25 de large et sont fortement bourrés de béton au ciment de Portland à l'aide duquel ils adhèrent soli-

dement à la fondation de béton préparée pour eux. Néanmoins, M. Lynde soutient que la longuerine Barker, avec la grande base continue, de 0m,305 de large, et sa surface d'appui si considérable, qui est de 0mc,61 par mètre courant de voie, ne réclame pas d'autres supports verticaux sur les fonds solides des rues de Manchester; et qu'il n'y a certainement pas besoin, pour maintenir la voie, de moyens spéciaux en outre du pavage qui la renferme; cependant, pour les routes et les rues macadamisées, il prévoit des entretoises pour la conservation de la largeur de voie. Le système Barker est exploité depuis plusieurs mois (Octobre 1877) et il a jusqu'ici donné des résultats satisfaisants. Quand il y passera du matériel de chemin de fer, il faudra sans doute des moyens complémentaires pour maintenir la voie et prévenir son élargissement; ce fait s'est déjà produit pour les tramways de la vallée de la Clyde sous le passage des wagons de chemin de fer. Il est vrai que les longuerines de ce tramway sont en bois, par suite flexibles latéralement; et que celles de M. Barker sont en fonte et inflexibles. Mais cette dernière propriété ne se manifeste que dans les limites de leur longueur; et elles sont posées à dessein par pièces de 0m,91 indépendantes les unes des autres.

Quant à ce qui regarde les précautions à prendre pour porter le pavage dans les voies métalliques, le système de M. Cockbur-Muir est le seul où l'on avoue le besoin de dispositions spéciales et où l'on y pare à l'aide d'une couche complète de béton. M. Kincaid, dans le système duquel l'emploi du béton est uniquement limité aux moyens de soutenir le rail, place simplement une couche de gravier de 0,075 au fond de l'excavation; et dans l'application spéciale qu'en a faite M. Fowler, on ne met que 0m,05 de sable. M. Barker, il est vrai, prévoit des rebords latéraux ou ailes à la partie inférieure des longuerines pour porter les rangs de pavés près des rails, et c'est un moyen efficace appliqué au point où il est le plus nécessaire. Mais il laisse reposer les autres portions du pavage sur le fond ordinaire.

Dans le système unique et simple de tramway de M. Deacon, comme on l'a exécuté pour le cercle intérieur à Liverpool, le rail et la longuerine sont reliés par un boulon central à une solide couche de béton de ciment qui constitue la fondation et qui forme liaison entre les longuerines. Les parois plates du rail et de la longuerine permettent de faire le pavage tout contre elles avec facilité, tandis que l'établissement de ce pavage sur la fondation de béton donne sans conteste la constance du niveau et de la stabilité. Mais la position centrale du boulon de fixation n'est pas aussi favorable pour résister avec le plus grand degré de force latérale aux chocs du trafic que celle des attaches extérieures ordinaires. En outre, le boulon ne fixe le rail que dans le sens vertical; et s'il se pro-

duisait pour ce dernier la moindre dépression de haut en bas, l'attache deviendrait lâche et le jeu vertical se produirait jusqu'à ce qu'on ait de nouveau serré les boulons à fond. Le jeu ménagé autour du boulon dans le béton, quoique facilitant les opérations d'ajustage et de fixation, est une cause de perte de force pour résister aux actions latérales; la conséquence en est que, si les attaches se lâchent, le rail et la longuerine tout ensemble peuvent être susceptibles de se déplacer de côté, hors de la voie. La position centrale de l'ornière dans le rail, entre deux surfaces de roulement, donne l'avantage d'une bonne distribution de pression; mais le rail peut moins aisément être débarrassé des détritus sans qu'ils se logent sur les tables de roulement.

Les mérites du système de M. Deacon seront établis par l'expérience qu'on retirera de la manière dont il se comportera dans les conditions où il est établi à Liverpool.

La méthode de M. Beloe pour construire un rail à ornière centrale en deux parties, analogues à des rails géminés et par une méthode analogue à celle du tramway de Lille, combine les avantages du sectionnement du support avec les attaches extérieures; il utilise la totalité de la matière pour porter la charge.

Dans le système de M. Schenk, il n'y a qu'un rail employé comme porteur; l'autre sert de rail de garde comme dans le système de Lille. Il y a là de bonnes qualités; mais les attaches, exposées comme elles le sont, paraissent devoir probablement se lâcher et être endommagées par le trafic.

---

# TROISIÈME PARTIE

## DÉPENSES DE CONSTRUCTION ET D'EXPLOITATION DES TRAMWAYS

---

Les comptes imprimés des compagnies de tramways contiennent les éléments qui permettent d'en déduire des données sur les frais de premier établissement et d'exploitation. En les analysant et en essayant de ramener à l'uniformité les détails des dépenses, on rencontre la même difficulté que celle qu'on éprouvait pour les comptes des Compagnies de railways dans les années passées; il y a une variété de classification et, à certains égards, une confusion dont on cherche en vain à se débrouiller. Dans tout l'ensemble, ce sont les comptes de la Compagnie des Tramways Nord-Métropolitains qui présentent le meilleur modèle de situations semi-annuelles; leur forme actuelle a été adoptée en 1873-74 sur la demande des actionnaires. A une assemblée générale tenue le 22 Décembre 1873, on proposa de considérer l'acte de réglementation des railways de 1868, comme la règle de la compagnie; d'exiger des directeurs l'adoption des comptes rendus semi-annuels, impraticables sans doute à bien des égards, mais prescrits par l'acte; et de demander la création par le ministère du commerce d'un auditeur et d'inspecteurs. Les directeurs avaient cependant été prévenus que l'acte ne s'appliquait pas aux tramways; mais il fut résolu malgré cela que les comptes semi-annuels se rapprocheraient de la forme indiquée dans l'acte en question d'aussi près que le permettrait la différence des conditions où l'on se trouvait. Le nouveau modèle fut adopté pour la première fois, pour les comptes semestriels, le 31 Décembre 1873. Au point de vue pratique, il est extrêmement important que les compagnies de tramways aient un type uniforme pour leurs comptes; car elles ont beaucoup à faire avant de pouvoir arriver à donner un dividende assuré, et l'un des moyens les plus efficaces pour découvrir ce qui se perd ou est improductif, et pour ré-

primer les abus, c'est d'avoir des comptes uniformes. Une des choses les plus absurdes dans ceux des tramways est l'estimation fantaisiste de la dépréciation du matériel. Il y a bien des années qu'on a fait disparaître cet article des comptes de chemin de fer et plutôt on le bannira de ceux des tramways, meilleurs et plus simples ils seront.

Les comptes d'un grand nombre de tramways du Royaume-Uni ont été analysés soigneusement et classés à l'aide des explications qui nous ont, dans certains cas, été fournies par les compagnies. Nous donnons plus loin ces analyses. Nous avons ajouté des détails sur les chevaux, les cars, le nombre des voyageurs et les longueurs parcourues, partout où nous avons pu le faire. Tous les frais qui, dans les comptes primitifs, figuraient au titre de renouvellement ont été ici rassemblés et fondus en une somme unique pour réparation ou entretien. Nous avons évité avec soin dans la préparation des analyses les dépenses prévues pour « dépréciation ».

---

# CHAPITRE PREMIER

## TRAMWAYS NORD MÉTROPOLITAINS. 1871 - 1876.

La Compagnie des tramways Nord Métropolitains possède le tramway le plus long qui soit dans les mains d'une compagnie et a eu à faire la dépense la plus considérable. Les tableaux suivants comprennent :

Le capital engagé.

Le nombre et la disposition des cars.

L'état du matériel d'exploitation.

Les recettes.

Les voyageurs transportés.

La dépense moyenne d'exploitation pour trois années 1874-75-76.

La longueur parcourue et les dépenses pour réparations des cars.

La longueur moyenne et les frais d'entretien de la voie.

Les chevaux sont loués à la Compagnie Générale des Omnibus de Londres. Le prix de location est de $0^f,4368$ par kilomètre parcouru ; il comprend les frais d'entretien, d'usure, d'accidents, de renouvellement des chevaux, les gages des palefreniers, le loyer des écuries et le harnachement. En un mot, comme M. Hopkins le dit brièvement, les chevaux sont amenés aux cars tout harnachés et mis en œuvre à raison de $0^f,4368$ par kilomètre parcouru. Chaque car en activité parcourt 112 kilomètres par jour et exige une écurie de onze chevaux dont cinq paires travaillent journellement avec le car, tandis qu'il y en a un en réserve. Aux termes du marché, chaque paire de chevaux ne doit pas faire moins de 22 kil. 1/2 ni plus de 25 kil. 1/2 par jour. Avec cinq paires de chevaux, la longueur parcourue varie de 112 à 120 kilomètres par jour ce qui donne une moyenne de $13^k,2$ par cheval et par jour. Suivant M. A. G. Church, secrétaire et administrateur de la Compagnie des Omnibus, la « vie » d'un cheval soumis au travail du tramway est de quatre ans ; les chevaux commencent à travailler à cinq ans.

TRAMWAYS NORD MÉTROPOLITAINS. — CAPITAL ENGAGÉ DE 1871 A 1876.

| ANNÉE. | LONGUEUR ouverte au 30 décembre. | CAPITAL DÉPENSÉ AU 31 DÉCEMBRE. | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Terrains, bâtiments, etc. | Matériel roulant (cars, etc.). | Total. | Total par kilomètre ouvert. |
| | mètres | francs. | francs | francs | francs. |
| 1871 | 15 285 | » | » | 5 269 300 | 344 730 |
| 1872 | 32 984 | » | » | 10 560 525 | 320 160 |
| 1873 | 44 247 | 14 383 500 | 804 925 | 15 188 425 | 343 240 |
| 1874 | 47 465 | 16 152 975 | 804 925 | 16 957 900 | 357 250 |
| 1875 | 49 074 | 16 309 250 | 864 400 (1) | 17 173 650 | 349 960 |
| 1876 | 49 074 | 16 310 875 | 864 400 | 17 175 275 | 349 980 |

(1) La somme de 59 475 francs dépensée pour supplément de matériel a été imputée sur les revenus; ici elle figure au capital dépensé.

TRAMWAYS NORD MÉTROPOLITAINS. — NOMBRE ET DISPOSITION DES CARS. — 1872-76.

| SEMESTRE finissant au mois de | NOMBRE MOYEN en service. | | NOMBRE en bon état. | | NOMBRE en réparation. | | NOMBRE total des cars. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | cars | p. 100 | cars | p. 100 | cars | p. 100 | cars |
| Décembre 1872. . . | » | » | 111 | 91,7 | 10 | 8,3 | 121 |
| Juin 1873. . . . . . | 79 | 50,7 | 143 | 91,2 | 13 | 8,8 | 156 |
| Décembre 1873. . . | 108 | 69,2 | 138 | 88,5 | 18 | 11,5 | 156 |
| Juin 1874. . . . . . | 114 | 73,1 | 136 | 87,2 | 20 | 12,8 | 156 |
| Décembre 1874. . . | 125 | 80,1 | 139 | 89,1 | 17 | 11,9 | 156 |
| Juin 1875. . . . . . | 130 | 80,3 | 151 | 93,2 | 11 | 6,8 | 162 |
| Décembre 1875. . . | 140 | 84,3 | 147 | 88,6 | 19 | 11,4 | 166 |
| Juin 1876. . . . . . | 136 | 81,9 | 152 | 91,6 | 14 | 8,4 | 166 |
| Décembre 1876. . . | 137 | 82,5 | 148 | 89,2 | 18 | 10,8 | 166 |
| ANNÉES. | *Moyennes annuelles.* | | | | | | |
| 1871 | » | » | » | » | » | » | » |
| 1872 | » | » | » | » | » | » | » |
| 1873 | 94 | » | 140,5 | » | 15,5 | » | 156 |
| 1874 | 120 | » | 137,5 | » | 18,5 | » | 156 |
| 1875 | 135 | » | 149 | » | 15 | » | 164 |
| 1876 | 137 | » | 150 | » | 16 | » | 166 |
| | *Moyennes pour les trois années de 1874-75-76.* | | | | | | |
| | 130 | 80 | 145,5 | 90 | 16,5 | 10 | 162 |

## INVENTAIRE OU ÉTAT DU MATÉRIEL ROULANT AU 31 DÉCEMBRE 1876.

| | |
|---|---|
| Grands cars de rue tout équipés | 124 |
| Petits cars de rue tout équipés | 42 |
| Omnibus | 2 |
| Chevaux | 9 |
| Charrettes | 8 |
| Tonneaux à eau | 1 |
| Wagonets | 2 |
| Total | 188 |

## TRAMWAYS NORD MÉTROPOLITAINS. RECETTES 1871-1876.

| ANNÉES. | LONGUEUR parcourue par les cars. | RECETTES du trafic. | RECETTES diverses. | RECETTES totales. | POUR CENT du capital engagé. |
|---|---|---|---|---|---|
| | kilomètres | francs | francs | francs | p. 100 |
| 1871 | 1 057 398 | 1 097 475 | 87 675 | 1 185 150 | 22,5 |
| 1872 | 2 375 798 | 2 432 850 | 36 850 | 2 469 700 | 23,4 |
| 1873 | 3 931 604 | 3 880 500 | 67 875 | 3 948 375 | 26,0 |
| 1874 | 5 063 777 | 5 145 200 | 116 925 | 5 262 125 | 31,0 |
| 1875 | 5 690 694 | 5 856 650 | 137 375 | 5 994 025 | 35,0 |
| 1876 | 5 710 400 | 5 817 450 | 142 325 | 5 959 775 | 34,8 |

RECETTES (SUITE).

| ANNÉES. | LONGUEUR moyenne de voie ouverte. | RECETTES moyennes par kilomètre ouvert. | RECETTES par kilomètre par semaine. | RECETTES par car. | RECETTES par car en service. | RECETTES par kilomètre parcouru. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | mètres | francs | fr. c. | francs | francs | fr. |
| 1871 | 8 800 | 133 931 | 2575,60 | » | » | 1,115 |
| 1872 | 23 870 | 112 290 | 2159,40 | » | » | 1,034 |
| 1873 | 38 800 | 101 165 | 1945,50 | 24 875 | 41 275 | 0,998 |
| 1874 | 47 200 | 110 876 | 2132,20 | 32 975 | 42 875 | 1,032 |
| 1875 | 48 000 | 124 207 | 2388,60 | 35 700 | 43 400 | 1,044 |
| 1876 | 48 800 | 121 442 | 2335,40 | 35 025 | 43 500 | 1,038 |

VOYAGEURS TRANSPORTÉS. 1871-1876.

| ANNÉES. | NOMBRE DES VOYAGEURS. | | | | | RECETTES DES VOYAGEURS. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Total. | Par car. | Par car en service. | Par car en service et par jour de 365 à l'année. | Par kilomètre parcouru. | Totale. | Par voyageur. |
| | voyag. | voyag. | voyag. | voyag. | voyag. | francs | fr. |
| 1871 | 4 971 646 | » | » | » | 4,67 | 1 097 475 | 0,212 |
| 1872 | 11 110 972 | » | » | » | 4,64 | 2 432 850 | 0,210 |
| 1873 | 17 977 706 | 115 300 | 191 400 | 524 | 4,58 | 3 880 500 | 0,207 |
| 1874 | 23 883 769 | 153 100 | 199 000 | 545 | 4,16 | 5 145 200 | 0,207 |
| 1875 | 27 755 917 | 169 300 | 205 600 | 563 | 4,84 | 5 856 650 | 0,203 |
| 1876 | 26 854 454 | 161 700 | 196 000 | 537 | 4,67 | 5 817 450 | 0,208 |

TRAMWAYS NORD MÉTROPOLITAINS. — DÉPENSES D'EXPLOITATION. 1871-1876.

| | 1871 | 1872 | 1873 | 1874 | 1875 | 1876 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| DÉPENSES DIRECTES. | francs | francs | francs | francs | francs | francs |
| Location de chevaux. . . . . | 461 000 | 1 005 300 | 1 782 050 | 2 229 525 | 2 504 250 | 2 508 875 |
| Gage des conducteurs, etc. . | 65 000 | 144 225 | 272 775 | 350 525 | 368 375 | 377 975 |
| Réparation des cars. . . . . | 20 275 | 62 900 | 127 225 | 189 625 | 184 400 | 186 675 |
| Entretien de la voie. . . . . | » | » | 45 650 | 105 925 | 118 750 | 168 450 |
| Trafic. . . . . . . . . . . . . . | 131 275 | 297 600 | 605 250 | 636 900 | 749 325 | 807 125 |
| Frais généraux. . . . . . . . | 48 950 | 69 850 | 90 125 | 109 050 | 107 875 | 112 875 |
| Loyers. . . . . . . . . . . . . | » | 4 500 | 39 100 | 47 575 | 40 000 | 39 450 |
| Total. . . . . . . . | 726 500 | 1 584 375 | 2 962 175 | 3 669 125 | 4 072 975 | 4 201 425 |
| DÉPENSES ACCESSOIRES. | | | | | | |
| Abonnements au gaz et à l'eau. | 8 825 | 9 775 | 23 875 | 103 650 | 124 700 | 145 200 |
| Licences et droits indirects. | 5 700 | 9 175 | 11 900 | 22 750 | 16 475 | 17 100 |
| Indemnités. . . . . . . . . . | 8 825 | 21 300 | 24 700 | 37 650 | 51 375 | 18 675 |
| Droits pour la loi et les frais au parlement. . . . . . . . | » | 14 225 | 44 900 | 109 075 | 126 925 | 64 225 |
| Total. . . . . . . . | 23 350 | 54 475 | 105 375 | 273 125 | 319 475 | 245 200 |
| Dépense totale. . . . . . . . | 749 850 | 1 638 850 | 3 067 550 | 3 942 250 | 4 392 450 | 4 446 625 |
| Id. par kilomètre parcouru. | 0f,706 | 0f,685 | 0f,780 | 0f,774 | 0f,767 | 0f,773 |
| Id. pour 100 des recettes. . | 63,3 0/0 | 66,4 0/0 | 79,0 0/0 | 74,9 0/0 | 72,3 0/0 | 74,6 0/0 |

DÉPENSE MOYENNE D'EXPLOITATION POUR TROIS ANNÉES : 1874-75-76.

*Longueur parcourue par les cars : 16 464 871 kilomètres en trois ans; 5 488 290 kilomètres par an en moyenne.*

| | TOTAL pour trois ans. | TOTAL pour un an. | PARTIE proportionnelle de la dépense totale. | DÉPENSE par kilomètre parcouru. |
|---|---|---|---|---|
| DÉPENSES DIRECTES. | francs | francs | p. 100 | fr. |
| Location de chevaux | 7 242 150 | 2 414 050 | 56,67 | 0,437 |
| Gages des conducteurs, etc. | 1 096 875 | 365 625 | 8,58 | 0,066 |
| Réparation des cars | 560 700 | 186 900 | 4,39 | 0,033 |
| Entretien de la voie | 393 125 | 131 050 | 3,07 | 0,024 |
| Trafic | 2 193 375 | 731 125 | 17,16 | 0,132 |
| Frais généraux | 329 775 | 109 925 | 2,58 | 0,021 |
| Loyers | 127 025 | 42 325 | 0,99 | 0,008 |
| | 11 943 025 | 3 981 000 | 93,45 | 0,721 |
| DÉPENSES ACCESSOIRES. | | | | |
| Abonnements au gaz et à l'eau. | 373 550 | 124 525 | 2,92 | 0,023 |
| Licences et droits indirects | 56 350 | 18 775 | 0,44 | 0,003 |
| Indemnités | 107 700 | 35 900 | 0,84 | 0,006 |
| Frais de loi et de parlement | 300 200 | 100 075 | 2,35 | 0,019 |
| | 837 800 | 279 275 | 6,55 | 0,051 |
| Dépense totale | 12 780 825 | 4 260 275 | 100,00 | 0,772 |
| Recettes totales | 17 215 925 | 5 738 631 | » | » |

| | |
|---|---|
| Recette par kilomètre parcouru | 1f,039 |
| Dépense par rapport à la recette | 74,24 p. 100 |
| Recette nette par an | 25,76 p. 100 |
| Recette par rapport au capital engagé | 8,64 p. 100 |

## TRAMWAYS NORD MÉTROPOLITAINS.

### LONGUEURS PARCOURUES ET DÉPENSES DE RÉPARATIONS DES CARS. 1871-1876.

| ANNÉES. | NOMBRE moyen des cars. | NOMBRE DE KILOMÈTRES PARCOURUS PAR LES CARS. Total. | Par car. Total. | Par car. Par jour. | Par car en service. Total. | Par car en service. Par jour. | DÉPENSES DE RÉPARATIONS. Totales. | Par car. | Par kilomèt. par-courn. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | kilom. | kilom. | kilom. | kilom. | kilom. | francs | francs | fr. |
| 1871 | » | 1 057 398 | » | » | » | » | 20 275 | » | 0,018 |
| 1872 | » | 2 375 798 | » | » | » | » | 62 900 | » | 0,026 |
| 1873 | 156 | 3 931 604 | 25 120 | 68,80 | 41 824 | 114,56 | 127 225 | 815 | 0,033 |
| 1874 | 156 | 5 063 777 | 32 480 | 88,96 | 42 192 | 115,68 | 189 600 | 1 215 | 0,037 |
| 1875 | 164 | 5 690 694 | 34 720 | 95,20 | 42 100 | 115,68 | 184 400 | 1 125 | 0,033 |
| 1876 | 166 | 5 710 400 | 34 400 | 94,24 | 41 680 | 114,24 | 186 675 | 1 125 | 0,033 |
| *Moyenne pour les trois années* 1874-1876. | | | | | | | | | |
| | 162 | 5 488 291 | 33 878 | 92,80 | 42 000 | 115,04 | 186 900 | 1 150 | 0,034 |

### LONGUEUR MOYENNE ET DÉPENSE D'ENTRETIEN DE LA VOIE. 1871-1876.

| ANNÉES. | LONGUEUR moyenne ouverte. | DÉPENSE POUR ENTRETIEN DE LA VOIE. Totale. | Par kilomètre de voie. | Par mètre carré de voie. | Par kilomètre parcouru par les cars. |
|---|---|---|---|---|---|
| | mètres | francs | fr. | fr. | fr. |
| 1871 | 8 800 | » | » | » | » |
| 1872 | 23 870 | » | » | » | » |
| 1873 | 38 800 | 45 650 | 1 165,30 | 0,225 | 0,010 |
| 1874 | 47 200 | 105 925 | 2237,40 | 0,429 | 0,021 |
| 1875 | 48 000 | 118 750 | 2 455,00 | 0,474 | 0,021 |
| 1876 | 48 800 | 168 450 | 3 433,80 | 0,660 | 0,029 |
| *Moyenne pour les trois années* 1874-1876. | | | | | |
| | 48 000 | 131 050 | 2709,00 | 0,521 | 0,024 |

# CHAPITRE II

## TRAMWAYS DE LONDRES. 1871-1876

Les comptes des Tramways de Londres sont résumés ici d'une manière semblable à celle que nous avons suivie pour les Tramways Nord Métropolitains. Dans le tableau du capital dépensé, on a indiqué le détail de cette dépense au 31 Décembre 1876; la partie qui regarde la construction du tramway monte à 233 066 francs par kilomètre de ligne double. M. Huntingdon donne l'analyse suivante pour cette dépense :

| | fr. |
|---|---|
| Double ligne de tramways | 46 613 |
| Pavage, sur une largeur de $5^m,48$ | 124 301 |
| Honoraires des ingénieurs | 15 538 |
| Travaux imprévus, etc. | 31 076 |
| Dépenses de loi et de Parlement | 15 538 |
| Total | 233 066 |

Les chevaux étaient fournis par la Compagnie des tramways elle-même, excepté pour les lignes de Brixton et Clapham, et pour les autres services, qui furent desservis par la Compagnie Générale des Omnibus de Londres, jusqu'au milieu de l'année 1873; à cette date, la Compagnie des tramways eut des chevaux à elle pour tout le trafic, persuadée qu'elle était qu'elle pouvait à cette époque les entretenir moyennant une dépense qui ne dépasserait pas la somme payée à la Compagnie des Omnibus pour la location des chevaux. Pour qu'on puisse juger jusqu'à quel point ces espérances se sont réalisées, nous donnons ici les dépenses par kilomètre parcouru pour chaque année de 1872 à 1876.

| | | fr. |
|---|---|---|
| 1872. | Chevaux en grande partie loués | 0,383 |
| 1873. | — moitié loués, moitié fournis par la Compagnie | 0,389 |
| 1874. | — entièrement fournis par la Compagnie | 0,423 |
| 1875. | — — | 0,442 |
| 1876. | — — | 0,419 |

On voit que la dépense a augmenté quand le changement a été effectué. Cette augmentation se trouve justifiée dans une certaine mesure par la hausse dans les prix de la provende dans les dernières années. La dépense totale de fourrage durant le semestre finissant au 31 Décembre 1876 montait à 410 428f,75. Dans cette période, le nombre moyen des chevaux entretenus était de 1 031 et la dépense moyenne par cheval et par semaine était de 15f,30. Voici les détails de la dépense.

NOURRITURE. SEMESTRE FINISSANT AU 31 DÉCEMBRE 1876.

| | | fr. |
|---|---|---|
| Maïs, 19 725 hectol. | 12,28 l'hectol. | 243 249,90 |
| Avoine, 1 036hectol.,80 à | 10,69 — | 11 107,40 |
| Fèves, 97hectol.,15 à | 21,80 — | 2 117,50 |
| Son, 12 192 kilogr. à | 135,33 les 1000 kil. | 1 650,00 |
| Foin et luzerne, 639 charretées à | 159,80 l'une | 102 116,35 |
| Paille, 856 charretées à | 58,30 — | 50 829,05 |
| Sciure, 6 801 sacs à | 1,25 l'un | 8 501,25 |
| Divers : fourrages verts, etc. | | 797,30 |
| Dépense totale | | 410 428,75 |

Soit 15f,30 par cheval et par semaine.

TRAMWAYS DE LONDRES. CAPITAL ENGAGÉ. 1871-1876.

| ANNÉE. | LONGUEUR ouverte au 31 décembre. | CAPITAL DÉPENSÉ AU 31 DÉCEMBRE. | |
|---|---|---|---|
| | | Total. | Par kilomètre. |
| | mèt. | francs. | francs. |
| 1871 | 22 800 | 6 591 600 | 289 106 |
| 1872 | 27 600 | 7 350 550 | 266 324 |
| 1873 | 28 800 | 8 401 425 | 291 750 |
| 1874 | 28 800 | 9 922 500 | 344 531 |
| 1875 | 32 400 | 10 544 975 | 325 462 |
| 1876 | 32 400 | 10 478 225 | 323 400 |

DÉTAIL DU CAPITAL DÉPENSÉ AU 31 OCTOBRE 1876.

*Longueur ouverte 32 400 mètres.*

| | fr. | | fr. | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tramways ouverts. . . . . . . | 7 596 375 | ou | 234 456 | par kilom. | = | 72,5 | du capital total |
| Propriétés et bâtiments. . . . | 787 625 | ou | 24 309 | — | = | 7,5 | — |
| Matériel roulant. . . . . . . . | 793 325 | ou | 24 485 | — | = | 7,6 | — |
| Chevaux. . . . . . . . . . . . | 1 102 425 | ou | 34 025 | — | = | 10,5 | — |
| Outillage et matériel. . . . . . | 81 650 | ou | 2 520 | — | = | 0,8 | — |
| Harnais et équipages. . . . . . | 96 400 | ou | 2 975 | — | = | 0,9 | — |
| Mobilier de bureaux. . . . . . | 20 425 | ou | 630 | — | = | 0,2 | — |
| Dépense totale. . . . . . | 10 478 225 | ou | 323 400 | par kilom. | = | 100,0 | du capital total |

NOMBRE DES CARS. 1872-1876.

| SEMESTRE FINISSANT EN | NOMBRE en bon état. | | NOMBRE en réparation. | | NOMBRE total. |
|---|---|---|---|---|---|
| | Cars. | Pour 100. | Cars. | Pour 100. | Cars. |
| Décembre 1872. . . . . . . . | 96 | 94,1 | 6 | 5,9 | 102 |
| Juin 1873. . . . . . . . . . . | ? | » | ? | » | » |
| Décembre 1873. . . . . . . . | 96 | 90,6 | 10 | 9,4 | 106 |
| Juin 1874. . . . . . . . . . . | 94 | 88,7 | 12 | 11,3 | 106 |
| Décembre 1874. . . . . . . . | 116 | 92,0 | 10 | 8,0 | 126 |
| Juin 1875. . . . . . . . . . . | 115 | 91,3 | 11 | 8,7 | 126 |
| Décembre 1875. . . . . . . . | 118 | 89,4 | 14 | 10,6 | 132 |
| Juin 1876. . . . . . . . . . . | 119 | 90,0 | 13 | 10,0 | 132 |
| Décembre 1876. . . . . . . . | ? | » | ? | » | 132 |
| *Moyennes annuelles.* | | | | | |
| 1872. . . . . . . . . . . . . | 96 | 94,1 | 6 | 5,9 | 102 |
| 1873. . . . . . . . . . . . . | 96 | 90,6 | 10 | 9,4 | 106 |
| 1874. . . . . . . . . . . . . | 105 | 90,5 | 11 | 9,5 | 116 |
| 1875. . . . . . . . . . . . . | 116 1/2 | 90,0 | 12 1/2 | 10,0 | 129 |
| 1876. . . . . . . . . . . . . | 119 | 90,0 | 13 | 10,0 | 132 |
| 1876. . . . . . . . . . . . . | Nombre des cars en service (2e semestre). . . . . . 82<br>Soit 62 p. 100 du nombre total. | | | | |

INVENTAIRE DU MATÉRIEL ROULANT AU 31 DÉCEMBRE 1876.

| | |
|---|---|
| Cars. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 132 |
| Omnibus. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 15 |
| Nettoyeuses d'ornières. . . . . . . . . . . . . . . . . | 3 |
| Voitures à fourrage. . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 4 |
| Charrettes. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 3 |
| Frein. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 |
| Total. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 158 |

## TRAMWAYS DE LONDRES.

### RECETTES 1871-1876.

| ANNÉES. | LONGUEUR parcourue par les cars. | RECETTES du trafic. | RECETTES diverses. | RECETTES totales. | POUR 100 du capital. |
|---|---|---|---|---|---|
| | kilom. | fr. | fr. | fr. | |
| 1871 | 1424000 | 1166250 | 19475 | 1185725 | 20,0 |
| 1872 | 2975335 | 2622750 | 16200 | 2638950 | 35,9 |
| 1873 | 3027717 | 2758700 | 44475 | 2803175 | 33,4 |
| 1874 | 3124821 | 2935400 | 68625 | 3004025 | 30,3 |
| 1875 | 3996622 | 3451275 | 63925 | 3515200 | 33,3 |
| 1876 | 3727525 | 3363850 | 50500 | 3414350 | 32,6 |

### RECETTES (*suite*).

| ANNÉES. | LONGUEUR parcourue par les cars. | RECETTES par kilomètre moyen ouvert. | PAR KILOMÈTRE et par semaine. | PAR CAR. | PAR KILOMÈTRE parcouru. |
|---|---|---|---|---|---|
| | mèt. | fr. | fr. | fr. | f.. |
| 1871 | 16000 | 74005 | 1417,00 | ? | 0,828 |
| 1872 | 27600 | 97374 | 1872,30 | 11625 | 0,882 |
| 1873 | 27800 | 100109 | 1925,10 | 26450 | 0,920 |
| 1874 | 28800 | 103760 | 1995,00 | 25900 | 0,956 |
| 1875 | 32400 | 107877 | 2074,30 | 27250 | 0,875 |
| 1876 | 32400 | 104817 | 2015,20 | 25875 | 0,910 |
| 1876 | Recettes pour chacun des 82 cars en service. . . . . . . . . 41625 fr. | | | | |

### VOYAGEURS TRANSPORTÉS, 1871-1876.

| ANNÉES. | NOMBRE DES VOYAGEURS. | | | RECETTES DES VOYAGEURS. | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Total. | Par car. | Par kilomètre parcouru. | Totales. | Par voyageur. |
| | | | | fr. | fr |
| 1871 | ? | » | » | 1166250 | ? |
| 1872 | 11098264 | 108800 | 3,71 | 2622750 | 0,227 |
| 1873 | 11791498 | 111200 | 3,87 | 2758700 | 0,225 |
| 1874 | 13164025 | 113500 | 4,18 | 2935400 | 0,214 |
| 1875 | 15790967 | 122400 | 3,92 | 3451275 | 0,210 |
| 1876 | 15595536 | 118100 | 4,15 | 3363850 | 0,207 |
| 1876 | Nombre de voyageurs par car en service (82 dans le 2e semestre). . . 190200<br>— par jour (365 à l'année). . . . . . . . . . . . 521 | | | | |

## TRAMWAYS DE LONDRES.

### DÉPENSES D'EXPLOITATION. 1871-1876.

| | 1871 | 1872 | 1873 | 1874 | 1875 | 1876 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Dépense directe.* | francs | francs | francs. | francs | francs | francs |
| Chevaux. . . . . . . . . . . . . | 539 100 | 1 146 275 | 1 186 150 | 1 329 850 | 1 779 375 | 1 574 425 |
| Gages des conducteurs et palefreniers (estimés). . . . . | 100 000 | 212 750 | 192 400 | 199 875 | 270 425 | 254 600 |
| Réparation des cars, entretien des bâtiments et de la voie. | 25 500 | 117 425 | 203 725 | 104 750<br>80 975 | 130 525<br>65 325 | 167 275<br>116 775 |
| Trafic. . . . . . . . . . . . . | 124 825 | 326 500 | 370 850 | 389 750 | 493 350 | 459 125 |
| Dépenses générales. . . . . . | 54 725 | 74 875 | 78 625 | 76 250 | 70 650 | 72 125 |
| Loyers. . . . . . . . . . . . . | 34 575 | 52 000 | 53 700 | 90 600 | 127 075 | 163 675 |
| Total. . . . . . . . . | 878 725 | 1 929 825 | 2 085 450 | 2 272 050 | 2 936 725 | 2 808 000 |
| *Dépenses accessoires.* | | | | | | |
| Abonnements à l'eau et au gaz. | » | 7 850 | 9 400 | 32 350 | 49 975 | 41 175 |
| Licences et droits indirects. . | 9 700 | 14 575 | 19 475 | 21 650 | 15 700 | 14 950 |
| Indemnités. . . . . . . . . . | 6 575 | 18 675 | 39,675 | 42 550 | 52 800 | 40 200 |
| Frais de loi et de Parlement. | 16 575 | 31 925 | 25 000 | 28 750 | 28 750 | 43 200 |
| Total. . . . . . . . . | 32 850 | 73 025 | 93 550 | 125 300 | 147 225 | 142 525 |
| Dépense totale. . . . . . . . | 911 575 | 2 002 850 | 2 179 000 | 2 397 350 | 3 083 950 | 2 950 525 |
| Id. par kilomètre parcouru. . | 0f,636 | 0f,669 | 0f,716 | 0f,763 | 0f,767 | 0f,749 |
| Id. pour 100 des recettes. . . | 76,9 0/0 | 75,9 0/0 | 77,8 0/0 | 79,8 0/0 | 87,8 0/0 | 86,4 0/0 |

### DÉPENSE MOYENNE POUR L'EXPLOITATION PENDANT TROIS ANS : 1874-1876.

*Longueur parcourue par les cars,* 10 848 574 *kilomèt. pendant* 3 *ans.* — 3 616 192 *k. en* 1 *an.*

| DÉPENSE DIRECTE. | MONTANT pour trois ans. | MONTANT pour un an. | PARTIE proportionnelle de la dépense totale. | DÉPENSE par kilomètre parcouru. |
|---|---|---|---|---|
| | francs | francs | p. 100 | fr. |
| Chevaux. . . . . . . . . . . . . | 4 683 675 | 1 561 225 | 55,53 | 0,429 |
| Gages des conducteurs, etc. (par estimation). . . . . . . . . . . | 724 900 | 241 633 | 8,60 | 0,066 |
| Réparation des cars. . . . . . | 402 550 | 134 183 | 4,77 | 0,037 |
| Entretien de la voie. . . . . . | 263 050 | 87 683 | 3,12 | 0,024 |
| Trafic. . . . . . . . . . . . . | 1 342 225 | 447 408 | 15,92 | 0,123 |
| Dépenses générales. . . . . . | 219 025 | 73 009 | 2,60 | 0,020 |
| Loyers. . . . . . . . . . . . . | 381 325 | 127 109 | 4,52 | 0,035 |
| | 8 016 750 | 2 672 250 | 95,08 | 0,734 |

DÉPENSE MOYENNE POUR L'EXPLOITATION POUR 1874-1876 (SUITE).

| DÉPENSES ACCESSOIRES. | MONTANT pour trois ans. | MONTANT pour un an. | PART proportionnelle de la dépense totale. | DÉPENSE par kilomètre parcouru. |
|---|---|---|---|---|
| | francs | francs | p. 100 | fr. |
| Abonnements à l'eau et au gaz.. | 126 500 | 42 166 | 1,50 | 0,012 |
| Licences et droits indirects. . . | 52 300 | 17 434 | 0,62 | 0,005 |
| Indemnités. . . . . . . . . . . . | 135 525 | 45 175 | 1,61 | 0,012 |
| Frais de loi et de parlement. . . | 100 725 | 33 575 | 1,19 | 0,009 |
| Total. . . . . . . . . . | 415 050 | 138 350 | 4,92 | 0,038 |
| Dépenses totales. . . . . . . . . | 8 431 800 | 2 810 600 | 100,00 | 0,772 |
| Recettes totales. . . . . . . . . | 9 933 575 | 3 311 192 | | |

Recettes par kilomètre parcouru. . . . . . . . . . . . . . . . 0f,910
Dépense, eu égard aux recettes totales. . . . . . . . . . . . . 84,90 p. 100
Recettes nettes, idem. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 15,10 p. 100
Recettes nettes, par an, en raison du capital engagé. . . . . . 2,52 p. 100

LONGUEUR PARCOURUE ET DÉPENSES DE RÉPARATION DES CARS. 1871-1876.

| ANNÉES. | NOMBRE moyen des cars. | LONGUEUR PARCOURUE PAR LES CARS. Totale. | Par car. | Par car et par jour. | DÉPENSES DE RÉPARATIONS. Totales. | Par car. | Par kilomètre parcouru. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | kilomètres | kilomètres | kilom. | francs | francs | fr. |
| 1871 | » | » | » | » | » | » | » |
| 1872 (un semestre) | 102 | 1 548 262 | 15 180 | 83,20 | » | » | » |
| 1873 (un semestre) | 106 | 1 543 656 | 14 563 | 79,84 | » | » | » |
| 1874 | 116 | 3 124 821 | 26 944 | 73,76 | 104 750 | 903 | 0,034 |
| 1875 | 129 | 3 996 622 | 30 992 | 84,96 | 130 525 | 1 011 | 0,032 |
| 1876 | 132 | 3 727 525 | 28 240 | 77,44 | 167 275 | 1 267 | 0,046 |
| *Moyenne pour les trois années* 1874-1876. | | | | | | | |
| | 126 | 3 616 323 | 28 725 | 78,72 | 134 183 | 1 060 | 0,037 |

## TRAMWAYS DE LONDRES.

LONGUEUR MOYENNE ET DÉPENSE D'ENTRETIEN DE LA VOIE 1871-76.

| ANNÉES. | LONGUEUR moyenne ouverte. | DÉPENSE POUR L'ENTRETIEN DE LA VOIE | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Totale. | Par kilomètre de voie. | Par mètre carré de voie. | Par kilomètre parcouru par les cars. |
| | mètres. | francs. | francs. | fr. | fr. |
| 1871 | 16 000 | ? | » | » | » |
| 1872 | 27 600 | ? | » | » | » |
| 1873 | 27 800 | ? | » | » | » |
| 1874 | 28 800 | 80 975 | 2 811 | 0,538 | 0,026 |
| 1875 | 32 400 | 65 325 | 2 016 | 0,386 | 0,016 |
| 1876 | 32 400 | 116 775 | 3 604 | 0,690 | 0,031 |
| *Moyennes pour les trois années* 1874-76. | | | | | |
| | 31 200 | 87 692 | 2 810 | 0,538 | 0,024 |

# CHAPITRE III

## TRAMWAYS SUR RUES DE LONDRES, 1872-76

La dépense qu'ont exigée les tramways établis dans les rues de Londres montait, au 31 Décembre 1876, à 2 500 000 francs ou à 289 700 francs par kilomètre de voie double. La dépense totale sur toute la ligne, y compris bâtiments, chevaux et matériel, était d'environ 436 000 francs par kilomètre.

Les chevaux ont été loués par la Compagnie Générale des Omnibus de Londres jusqu'en Avril 1875 ; à cette époque, la Compagnie des tramways acheta des chevaux et exploita les lignes par elle-même. Il résulte des comptes que la dépense pour la cavalerie était, en raison de l'espace parcouru, la même quand elle était louée que quand elle a été fournie par la Compagnie elle-même.

CAPITAL DÉPENSÉ.

| ANNÉE. | LONGUEUR ouverte au 31 Décembre. | CAPITAL DÉPENSÉ AU 31 DÉCEMBRE. | |
|---|---|---|---|
| | | Total. | Par kilomètre ouvert. |
| | mèt. | fr. | fr. |
| 25 mois finissant au 31 Décembre 1873. . . . | » | 2 369 025 | » |
| 1874. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 7 200 | 2 601 050 | 361 257 |
| 1875. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | » | » | » |
| 1876. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 8 800 | 3 839 150 | 436 257 |

DÉTAIL DE LA DÉPENSE AU 31 DÉCEMBRE 1876. LONGUEUR OUVERTE 8800 MÈTRES.

| | | par kilomètre. | p. 100 du total. |
|---|---|---|---|
| Construction des voies, y compris les dépenses légales, parlementaires, d'ingénieur et autres | 2 564 225 fr. | 291 380 fr. | 66,81 |
| Propriété et bâtiments | 571 700 | 64 966 | 14,89 |
| Matériel roulant | 263 475 | 29 940 | 6,86 |
| Chevaux | 413 450 | 46 983 | 10,77 |
| Machines | 13 275 | 1 508 | 0,34 |
| Harnais | 5 775 | 656 | 0,15 |
| Mobilier de bureaux | 7 250 | 824 | 0,20 |
| Totaux | 3 839 150 fr. | 436 257 fr. | 100,00 |

TRAMWAYS SUR RUES DE LONDRES.

RECETTES 1873-1876.

| ANNÉES. | LONGUEUR parcourue par les cars. | RECETTES du trafic. | RECETTES diverses. | RECETTES totales. | POUR 100 du capital. |
|---|---|---|---|---|---|
| | kilom. | fr. | fr. | fr. | |
| 25 mois, finissant le 31 Décembre 1873. | » | 1 456 800 | 11 425 | 1 468 225 | ? |
| 1874 | 1 068 491 | 977 650 | 14 850 | 992 500 | 38,17 |
| 1875 | » | » | » | » | » |
| 1876 | 1 236 157 | 1 170 725 | 17 675 | 1 188 400 | 30,95 |

RECETTES (SUITE).

| ANNÉES. | LONGUEUR ouverte. | RECETTES par kilom. ouvert. | PAR KILOMÈTRE et par semaine. | PAR KILOMÈTRE parcouru. |
|---|---|---|---|---|
| | mèt. | fr. | fr. | fr. |
| 25 mois, finissant le 31 Décembre 1873. | » | » | » | » |
| 1874 | 7 200 | 137 845 | 2650 | 0,924 |
| 1875 | » | » | » | » |
| 1876 | 8 800 | 135 045 | 2597 | 0,956 |

VOYAGEURS TRANSPORTÉS. 1873-1876.

| ANNÉES. | NOMBRE DES VOYAGEURS. | | | RECETTES DES VOYAGEURS. | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Total. | Par car. | par kilomètre parcouru. | Totales. | Par voyageur. |
| | | | | fr. | fr. |
| 25 mois, finissant le 31 Décembre 1873. | » | » | » | 1 456 800 | » |
| 1874 | 4 880 983 | » | 4,56 | 977 650 | 0,193 |
| 1875 | » | » | » | » | » |
| 1876 | 5 620 880 | » | 4,54 | 1 170 725 | 0,202 |

## TRAMWAYS SUR RUES DE LONDRES.

### DÉPENSES D'EXPLOITATION. 1873-1876.

| DÉPENSES DIRECTES. | 25 MOIS finissant au 31 Décembre 1873. | 1874. | 1876. | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Montant total. | En raison du capital total dépensé. | Par kilomètre parcouru. |
| | fr. | fr. | fr. | p. 100. | fr. |
| Location de chevaux. . . . . . . . | 616775 | 464250 | » | » | » |
| Chevaux fournis par la Compagnie. . | » | » | 537600 | 56,38 | 0,432 |
| Gages des conducteurs, etc. . . . . . | 141450 | 82175 | 104300 | 10,94 | 0,081 |
| Réparation des cars. . . . . . . . . | 43950 | 26150 | 40050 | 4,20 | 0,032 |
| Entretien de la voie. . . . . . . . . | 45925 | 23950 | 31150 | 3,27 | 0,024 |
| Trafic. . . . . . . . . . . . . . . . . | 154400 | 119875 | 147525 | 15,47 | 0,114 |
| Dépenses générales, loyers, eau, gaz. | 48700 | 35800 | 33900 | 3,70 | 0,027 |
| | | | 22675 | 2,24 | 0,017 |
| Total. . . . . . . . . . . | 1051200 | 752200 | 917200 | 96,22 | 0,727 |
| D ENSES ACCESSOIRES. | | | | | |
| Abonnements à l'eau et au gaz. . . . | 3050 | 13900 | 19225 | 2,02 | 0,015 |
| Licences et droits indirects. . . . . | 6775 | 3400 | 4625 | 0,49 | 0,004 |
| Indemnités. . . . . . . . . . . . . . | 23400 | 9800 | 5950 | 0,62 | 0,005 |
| Frais de loi et de Parlement. . . . . | 15175 | 9825 | 6250 | 0,66 | 0,005 |
| Total. . . . . . . . . . . | 48400 | 36925 | 36050 | 3,78 | 0,029 |
| Dépenses totales. . . . . . . . . . . | 1099600 | 789125 | 953250 | 100,00 | 0,746 |
| *Id.* par kilomètre parcouru. . | » | $0^{f}$,709 | $0^{f}$,756 | » | » |
| *Id.* p. 100 des recettes. . . . | 74,9 p. 100 | 79,6 p. 100 | 80,2 p. 100 | » | » |

### DÉPENSES POUR L'ENTRETIEN DE LA VOIE.

| | 1874 | 1876 |
|---|---|---|
| Longueur ouverte. . . . . . . . . . . . . . . . . | $7200^{m}$ | $8800^{m}$ |
| Dépense pour l'entretien. . . . . . . . . . . . . | $23950^{f}$ | $31150^{f}$ |
| *Id.* par kilomètre. . . . . . . . . . . . . . | $3300^{f}$ | $3540^{f}$ |
| *Id.* par mètre carré de voie. . . . . . . . . | $0^{f}$,636 | $0^{f}$,679 |
| *Id.* par kilomètre parcouru. . . . . . . . . | 0 ,021 | 0 ,024 |

# CHAPITRE IV

## TRAMWAYS DE DUBLIN. 1872-1876

Les chevaux des tramways de Dublin ont, dès le commencement, été fournis par la Compagnie elle-même. Les dépenses de ce chef, en 1873 et 1874, furent excessives à cause des achats mal faits et de la nécessité de revendre une partie des chevaux et de les remplacer par de meilleurs. Dans les deux dernières années, 1875-1876, sous une meilleure administration, la dépense en chevaux a monté à 0f,373 par kilomètre parcouru par les cars. Comme le nombre des chevaux de l'écurie a été en moyenne de 480 pendant ces deux années, la longueur totale parcourue, qui a été d'environ 1.600.000 kilomètres, a été franchie à raison d'environ 9600 mètres par cheval et par jour. C'est le même résultat qu'ont donné les chevaux engagés dans le trafic du Tramway Nord Métropolitain.

CAPITAL DÉPENSÉ.

| ANNÉE. | LONGUEUR OUVERTE au 31 Décembre. | CAPITAL DÉPENSÉ AU 31 DÉCEMBRE. Total. | CAPITAL DÉPENSÉ AU 31 DÉCEMBRE. Par kilomètre ouvert. |
|---|---|---|---|
| | mètres | francs | francs |
| 1872 | 14 400 | 3 242 250 | 225 156 |
| 1873 | 24 000 | 5 348 425 | 222 844 |
| 1874 | 25 600 | 6 142 525 | 240 031 |
| 1875 | 25 600 | 6 362 025 | 248 515 |
| 1876 | 25 600 | 6 390 775 | 249 640 |

DÉTAIL DE LA DÉPENSE AU 31 DÉCEMBRE 1876. — LONGUEUR OUVERTE : 25 600 MÈTRES.

| | | Par kilomètre. | Pour 100 du total. |
|---|---|---|---|
| | francs | francs | |
| Tramways, équipages, matériel roulant, terrains, bâtiments, etc. (y compris 76 cars et 50 omnibus) (*) | 5 899 425 | 230 446 | 92,33 |
| Chevaux (486) | 434 100 | 16 957 | 6,79 |
| Machines et matériel | 22 500 | 879 | 0,35 |
| Harnais, mobilier d'étable, forges, outils | 27 250 | 1 064 | 0,42 |
| Mobilier de bureaux | 7 500 | 294 | 0,12 |
| | 6 390 775 | 249 640 | 100,00 |

(*) Soit, pour 76 cars à 5 750 . . . . . 437 000 fr.
50 omnibus à 2 500 . . . . . 12 500
449 500 fr.

NOMBRE DE CARS.

| SEMESTRE FINISSANT EN | NOMBRE EN BON ÉTAT. | | NOMBRE EN RÉPARATION. | | NOMBRE TOTAL. |
|---|---|---|---|---|---|
| | cars | p. 100 | cars | p. 100 | cars |
| Juin 1872. . . . . | » | » | » | » | ? |
| Décembre 1872. . | 43 | » | 2 | » | 45 |
| Juin 1873. . . . . | 67 | 96 | 3 | 4 | 70 |
| Décembre 1873. . | 66 | 94 | 4 | 6 | 70 |
| Juin 1874. . . . . | 62 | 89 | 8 | 11 | 70 |
| Décembre 1874. . | 62 | 89 | 8 | 11 | 70 |
| Juin 1875. . . . . | ? | » | ? | » | 70 |
| Décembre 1875. . | ? | » | ? | » | 70 |
| Juin 1876 . . . . | ? | » | ? | » | 70 |
| Décembre 1876. . | ? | » | ? | » | 76 |
| *Moyennes annuelles.* | | | | | |
| 1872 | » | » | » | » | ? |
| 1873 | 66 1/2 | 95 | 3 1/2 | 5 | 70 |
| 1874 | 62 | 89 | 8 | 11 | 70 |
| 1875 | » | » | ? | » | 70 |
| 1876 | » | » | ? | » | 73 |

RECETTES DU TRAFIC.

| ANNÉE. | LONGUEUR parcourue par les cars. | RECETTES du trafic. | RECETTES diverses. | RECETTES totales. | POUR CENT du capital. |
|---|---|---|---|---|---|
| | kilomètres | francs | francs | francs | p. 100 |
| 1872 | ? | 880 550 | 16 450 | 897 000 | 27,7 |
| 1873 | ? | 1 561 125 | 29 475 | 1 590 600 | 29,7 |
| 1874 | ? | 1 581 200 | 18 400 | 1 599 600 | 26,0 |
| 1875 | 1 661 958 | 1 747 275 | 20 600 | 1 767 875 | 27,8 |
| 1876 | 1 579 758 | 1 832 575 | 35 700 | 1 868 275 | 29,2 |

RECETTES (SUITE).

| ANNÉE. | LONGUEUR MOYENNE de voie ouverte. | RECETTES PAR kilomètre moyen ouvert. | PAR KILOMÈTRE et par semaine. | PAR CAR. | PAR KILOMÈTRE parcouru. |
|---|---|---|---|---|---|
| | mètres | francs | francs | francs | fr. |
| 1872 | 9 600 | 149 500 | 2 875 | » | » |
| 1873 | 20 800 | 122 350 | 2 353 | 22 300 | » |
| 1874 | 25 600 | 99 975 | 1 920 | 22 575 | » |
| 1875 | 25 600 | 110 500 | 2 165 | 23 900 | 1,02 |
| 1876 | 25 600 | 119 475 | 2 297 | 26 075 | 1,14 |

## TRAMWAYS DE DUBLIN.

### VOYAGEURS TRANSPORTÉS.

| ANNÉE. | NOMBRE DES VOYAGEURS. | | | RECETTES DES VOYAGEURS. | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Total. | Par car. | Par kilomètre parcouru. | Totales. | Par voyageur. |
| | | | | fr. | fr. |
| 1872 | 3138522 | 73700 | ? | 880550 | 0,267 |
| 1873 | 5285180 | 75500 | ? | 1561125 | 0,278 |
| 1874 | 5269546 | 75280 | ? | 1581200 | 0,288 |
| 1875 | 5849925 | 83570 | 3,52 | 1747275 | 0,287 |
| 1876 | 6073637 | 86770 | 3,84 | 1832575 | 0,290 |

### DÉPENSES D'EXPLOITATION.

| DÉPENSES DIRECTES. | 1872 | 1873 | 1874 | 1875 | 1876 |
|---|---|---|---|---|---|
| | fr. | fr. | fr. | fr. | fr. |
| Chevaux | 365000 | 656025 | 653650 | 621275 | 593850 |
| Gages des conduct[rs] et dépenses de trafic | 136825 | 311450 | 297100 | 294525 | 304950 |
| Réparation des cars et bâtiments | 19275 | 42075 | 63225 | 71850 | 81200 |
| Entretien de la voie | » | 53325 | 41200 | 63550 | 99575 |
| Dépenses générales | 46225 | 62400 | 60925 | 65225 | 57300 |
| Loyers | » | 9775 | 13100 | 11450 | 10375 |
| Total | 567325 | 1135050 | 1129200 | 1127875 | 1147250 |
| **DÉPENSES ACCESSOIRES.** | | | | | |
| Abonnement à l'eau et au gaz | 16350 | 57325 | 52400 | 44400 | 46000 |
| Indemnités | 3000 | 10925 | 7450 | 30600 | 15650 |
| Frais de loi et de Parlement | 13575 | 33975 | 11400 | 31275 | 21125 |
| Total | 32925 | 102225 | 71250 | 106275 | 82775 |
| Dépense totale | 600250 | 1237275 | 1200450 | 1234150 | 1230025 |
| *Id.* par kilomètre parcouru | ? | ? | ? | 0f,712 | 0f,747 |
| *Id.* p. 100 de recettes | 66,9 p. 100 | 77,8 p. 100 | 75,0 p. 100 | 69,8 p. 100 | 65,6 p. 100 |

DÉPENSE MOYENNE D'EXPLOITATION PENDANT DEUX ANNÉES. 1875-1876.

*Longueur parcourue en deux ans :* 3 241 716 *kilomètres. — Soit :* 1 620 858 *kilom. par an.*

| | MONTANT pour deux années. | MONTANT par année. | POUR CENT de la dépense totale. | PAR kilomètre parcouru. |
|---|---|---|---|---|
| DÉPENSES DIRECTES | francs | francs | p. 100 | fr. |
| Chevaux | 1 215 125 | 607 562 | 49,30 | 0,373 |
| Gages des conducteurs et trafic | 599 475 | 299 738 | 24,33 | 0,178 |
| Réparation des cars et bâtiments | 153 050 | 76 525 | 6,22 | 0,045 |
| Entretien de la voie | 163 125 | 81 562 | 6,62 | 0,048 |
| Dépenses générales | 122 525 | 61 263 | 4,97 | 0,036 |
| Loyers | 21 825 | 10 912 | 0,89 | 0,006 |
| Total | 2 275 125 | 1 137 562 | 92,33 | 0,686 |
| DÉPENSES ACCESSOIRES. | | | | |
| Abonnement à l'eau et au gaz | 90 400 | 45 200 | 3,67 | 0,027 |
| Indemnités | 46 250 | 23 125 | 1,88 | 0,014 |
| Frais de loi et de Parlement | 52 400 | 26 200 | 2,13 | 0,015 |
| Total | 189 050 | 94 525 | 7,68 | 0,056 |
| Dépense totale | 2 464 175 | 1 232 087 | 100,00 | 0,742 |
| Recette totale | 3 636 150 | 1 818 075 | » | » |

| | | |
|---|---|---|
| Recette par kilomètre parcouru | | 1f,077 |
| Dépense par rapport aux recettes | 67,8 p. 100 | |
| Recettes nettes, id. | 33,2 — | 0,347 |
| Recettes nettes par an par rapport au capital engagé | 9,2 — | |

LONGUEUR PARCOURUE ET DÉPENSES DE RÉPARATION DES CARS.

| ANNÉE. | NOMBRE moyen des cars. | LONGUEUR PARCOURUE PAR LES CARS. Totale. | Par car. | Par car et par jour. | DÉPENSE DE RÉPARATION. Totale. | Par car. | Par kilomèt. parcouru. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | cars | kilomètres | kilomètres | kilomètres | francs | fr. | fr. |
| 1/2 année Déc. 1872. | 45 | ? | » | » | 19 275 | 427,50 | » |
| 1873 | 70 | ? | » | » | 42 075 | 600,00 | » |
| 1874 | 70 | ? | » | » | 63 225 | 902,50 | » |
| 1875 | 70 | 1 661 958 | 23 744 | 65,12 | 71 850 | 1 027,50 | 0,041 |
| 1876 | 73 | 1 579 758 | 21 632 | 59,20 | 81 200 | 1 112,50 | 0,049 |
| *Moyenne pour les deux années* 1875-1876. | | | | | | | |
| | 71,5 | 1 620 858 | 22 688 | 62,16 | 76 525 | 1 070,00 | 0,045 |

## TRAMWAYS DE DUBLIN.

LONGUEUR MOYENNE ET DÉPENSE D'ENTRETIEN DE LA VOIE.

| ANNÉE. | LONGUEUR moyenne ouverte. | DÉPENSE D'ENTRETIEN DE LA VOIE. | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Totale. | Par kilomètre. | Par mètre carré. | Par kilomètre parcouru. |
| | mèt. | fr. | fr. | fr. | fr. |
| 1872 | 9600 | » | » | » | ? |
| 1873 | 20800 | 53325 | 2562 | 0,491 | ? |
| 1874 | 25600 | 41200 | 1609 | 0,308 | ? |
| 1875 | 25600 | 63550 | 2484 | 0,475 | 0,037 |
| 1876 | 25600 | 99575 | 3900 | 0,747 | 0,061 |
| *Moyennes pour les deux années.* | | | | | |
| » | 25,600 | 81562 | 3192 | 0,611 | 0,049 |

# CHAPITRE V.

## TRAMWAYS DE GLASCOW ET DE LA VALLÉE DE LA CLYDE

### Tramways de la corporation de Glascow, 1872-1876

Les tramways de Glascow sont exploités par la Compagnie des tramways et omnibus. La Corporation les a donnés à bail, pour 21 ans, à la Compagnie qui s'est formée le 1er Juillet 1871. Aux termes du bail, la Compagnie paye à la Corporation l'intérêt à 4 1/2 p. 100 par an du capital engagé; un fond d'amortissement à raison d'environ 3 p. 100 par an; un droit de circulation de 2 312f,50 chaque année par kilomètre de rues traversées par les tramways dans les limites de la municipalité; enfin une réserve d'environ 3 p. 100 par an pour renouvellement des tramways, et qui monte de 3 595 à 3 750 francs par kilomètre et par an. Cette réserve est simplement donnée en dépôt à la Corporation, mais appartient à la Compagnie.

Jusqu'au 30 Juin 1872, la Compagnie n'a exploité que les omnibus; et jusqu'au 31 Décembre 1873, les cinq sixièmes de ses recettes provenaient de cette source. L'analyse suivante des comptes est donc limitée aux années 1874-76 où le trafic a presque entièrement porté sur les tramways.

Les tramways ont d'abord été exploités avec les chevaux d'omnibus appartenant à la Compagnie. Mais on les trouva trop faibles pour le service et ils ont été peu à peu vendus et remplacés par d'autres plus forts. La dépense en chevaux, pendant les trois années 1874-76, a été la suivante :

| | |
|---|---|
| 1874. . . . . . . . . . . | 0f,395 par kilomètre parcouru par les cars. |
| 1875. . . . . . . . . . . | 0 ,401 |
| 1876. . . . . . . . . . . | 0 ,346 |
| Moyenne. . . . . . . . . | 0f,380 |

la dernière année présente une réduction marquée due, en partie à la diminution du prix de la nourriture, en partie sans doute à une meilleure administration. Les chevaux sont au nombre de dix par car, et pendant six jours par semaine ils travaillent bien plus dur que ceux employés aux tramways de Londres; mais ils se reposent le dimanche, — c'est un privilége inconnu dans la Métropole. Pendant les années 1874 et 1876, la

longueur parcourue et le nombre total des chevaux étaient les suivants :

| ANNÉE. | LONGUEUR PARCOURUE en kilomètres. | NOMBRE MOYEN des chevaux. | NOMBRE DES JOURS de travail. | LONGUEUR PARCOURUE par cheval par jour. |
|---|---|---|---|---|
| 1874 | 2 680 000 kilomètres. | 820 chevaux. | 313 jours. | 10k,43 |
| 1876 | 3 710 400 — | 1 104 — | 313 — | 10k,74 |

ce qui montre que les chevaux fournissent plus de travail par jour que ceux de Londres où la moyenne est de 9 600 mètres par cheval et par jour. Mais le travail moyen par jour, en y comprenant les dimanches, n'est que de 8 960 mètres en 1874 et 9 216 mètres en 1876.

Dans ces conditions, le nombre de kilomètres parcourus par les cars en service en 1874 n'a pas dépassé 102 par an et par jour.

CAPITAL DÉPENSÉ AU 31 DÉCEMBRE 1876. — LONGUEUR OUVERTE : 24 376 MÈTRES.

| 31 DÉCEMBRE 1876. | CAPITAL. | PAR KILOMÈTRE ouvert. | PROPORTION par rapport au capital total. |
|---|---|---|---|
| | francs | francs | |
| Tramways donnés à bail | 3 695 825 | 151 580 | 43,45 |
| Propriété transmissible (bâtiments et terrains). | 2 457 375 | 100 800 | 28,89 |
| Matériel et machines | 171 175 | 7 116 | 2,04 |
| Chevaux | 1 279 425 | 52 486 | 15,04 |
| Cars | 850 000 | 34 866 | 9,99 |
| Omnibus | 37 350 | 1 538 | 0,44 |
| Matériel de bureau | 12 825 | 528 | 0,15 |
| | 8 503 975 | 348 914 | 100,00 |

RECETTES DU TRAFIC.

| ANNÉE. | LONGUEUR parcourue par les cars. | RECETTES du trafic des cars. | RECETTES du trafic des omnibus. | RECETTES diverses. | RECETTES totales. | POUR CENT du capital. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | kilomètres | francs | francs | francs | francs | |
| 1874 | 2 680 000 | 2 607 125 | 66 600 | 156 825 | 2 830 550 | » |
| 1875 | 2 961 920 | 2 936 575 | 7 300 | 131 400 | 3 075 275 | » |
| 1876 | 3 710 400 | 3 522 800 | 41 825 | 88 050 | 3 652 675 | 43 |

RECETTES (SUITE).

| ANNÉE. | LONGUEUR ouverte. | RECETTE TOTALE par kilomètre. | PAR KILOMÈTRE et par semaine. | PAR CAR. | PAR KILOMÈTRE parcouru. |
|---|---|---|---|---|---|
| | mètres | francs | francs | francs | fr. |
| 1874 | 22 526 | 125 630 | 2 408 | 26 575 | 1,013 |
| 1875 | 24 376 | 126 150 | 2 424 | 25 625 | 0,996 |
| 1876 | 24 376 | 149 850 | 2 874 | 22 975 | 0,945 |

## DÉPENSES D'EXPLOITATION, 1874-1876.

LONGUEUR TOTALE PARCOURUE PAR LES CARS : 9352320 KIL. EN TROIS ANS ; 3117440 EN UN AN.

| CHAPITRES DES DÉPENSES. | 1874 | 1875 | 1876 | MOYENNE POUR 1874-1876. Montant total de la moyenne. | P. 100 de la dépense totale. | Par kilomètre parcouru. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| DÉPENSES DIRECTES. | fr. | fr. | fr. | fr. | p. 100. | fr. |
| Chevaux. . . . . . . . . . . . . . | 1102225 | 1236225 | 1332275 | 1223575 | 53,10 | 0,390 |
| Salaires. . . . . . . . . . . . . . | 622400 | 668150 | 791775 | 694108 | 30,12 | 0,213 |
| Réparations des cars et bâtiments. | 111500 | 121125 | 130475 | 121033 | 5,26 | 0,037 |
| Entretien de la voie. . . . . . . . | 108400 | 37375 | 68325 | 71366 | 3,10 | 0,022 |
| Frais généraux. . . . . . . . . . . | 87675 | 95250 | 147425 | 110117 | 4,78 | 0,034 |
| Total. . . . . . . . . . . | 2032200 | 2158125 | 2470275 | 2220197 | 96,36 | 0,696 |
| DÉPENSES ACCESSOIRES. | | | | | | |
| Loyers, abonnem^ts au gaz et à l'eau. | 54575 | 41600 | 59925 | 52033 | 2,26 | 0,016 |
| Licenses et droits indirects. . . . | 15750 | 4100 | 8750 | 9534 | 0,41 | 0,003 |
| Indemnités. . . . . . . . . . . . . | 3300 | 6000 | 20700 | 10000 | 0,43 | 0,003 |
| Dépenses légales. . . . . . . . . . | 10850 | 8075 | 18000 | 12308 | 0,54 | 0,004 |
| Total. . . . . . . . . . . | 84475 | 59775 | 107375 | 83875 | 3,64 | 0,026 |
| Dépense totale. . . . . . . . . . . | 2116675 | 2217900 | 3577650 | 2304072 | 100,00 | 0,722 |
| *Id.* par kilomètre parcouru. | 0^f,754 | 0^f,713 | 0^f,662 | 0^f,722 | » | » |
| *Id.* p. 100 des recettes. . . | 74,81 p. 100 | 72,43 p. 100 | 70,57 p. 100 | 72,50 p. 100 | » | » |

### LONGUEUR PARCOURUE ET DÉPENSE DE RÉPARATION DES CARS.

| ANNÉE. | NOMBRE moyen des cars. | LONGUEUR PARCOURUE PAR LES CARS — Totale. | Par car. | Par car et par jour (313 en 1 année.) | DÉPENSE DE RÉPARATION. — Totale. | Par car. | Par kilomètre parcouru. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | kilom. | kilom. | kilom. | fr. | fr. | fr. |
| 1874 | 106 1/2 | 2680000 | 25264 | 80,48 | 111500 | 1047 | 0,004 |
| 1875 | 120 | 2961920 | 24688 | 78,88 | 121125 | 1010 | 0,004 |
| 1876 | 159 | 3710400 | 23344 | 74,56 | 130475 | 820 | 0,003 |
| *Moyenne pour les trois années* 1874-1876. | | | | | | | |
| » | 128 1/2 | 3117440 | 24432 | 77,97 | 121033 | 959 | 0,004 |
| *Pour* 84 *cars en service en* 1874. | | | | | | | |
| 1874 | 84 | 2680000 | 31904 | 101,92 | » | » | » |

## Tramways de la vallée de la Clyde, 1873-76.

Dans les tramways de la vallée de la Clyde, la section de Govan a été établie et construite en vue de transporter aussi bien du minerai que des voyageurs. Cependant le trafic du minerai n'a constitué jusqu'ici qu'une bien faible partie des recettes — pas plus de 2 1/2 ou 3 p. 100 en 1876. — La section de Greenock est entièrement réservée au transport des voyageurs.

La section de Govan, ouverte le 1er Janvier 1873, a été exploitée en vertu d'un marché avec la Compagnie des tramways de Glascow jusqu'au 30 Juin 1874; après cette époque, la cavalerie a été fournie par un autre entrepreneur.

Capital dépensé ainsi qu'il résulte de la balance au 31 Décembre 1876. . . 3 046 000 francs.

RECETTES ET DÉPENSES.

| ANNÉE. | RECETTES TOTALES. | DÉPENSES D'EXPLOITATION. | |
|---|---|---|---|
| | francs | francs | p. 100 |
| 1873 | 234 625 | 207 450 | 88,4 |
| 1874 | 363 600 | 289 550 | 76,6 |
| 1875 | 343 850 | 202 550 | 58,9 |
| 1876 | 382 550 | 246 725 | 64,5 |

*Année* 1876.

| | |
|---|---|
| Longueur ouverte. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 10 860 mètres. |
| Longueur parcourue par 14 cars. . . . . . . . . . . . . | 283 587 kilomètres. |
| — par car. . . . . . . . . . . . . . . | 20 256 kilomètres. |
| — par jour (année de 313). . . . . | 64k,71 |
| Recettes totales. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 382 550 francs. |
| — par kilomètre ouvert. . . . . . . . . . . . . | 35 225 francs. |
| — — par semaine. . . . . . . . . . . | 677f,40 |
| — par car. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 27 325 francs. |
| — par kilomètre parcouru. . . . . . . . . . . . | 1f,35 |
| Dépense par kilomètre parcouru. . . . . . . . . . . . | 0f,87 |
| Recettes nettes par kilomètre parcouru. . . . . . . . . | 0f,48 |

# CHAPITRE VI

## TRAMWAYS SUR RUES D'ÉDIMBOURG. 1871-1876.

Les tramways d'Édimbourg ont été construits et exploités au milieu de grandes difficultés, municipales et physiques. Établis sur des pentes longues et raides, ils sont bien plus difficiles à exploiter qu'aucun autre réseau dans le Royaume-Uni. Les chevaux avaient été fournis par entreprise pendant quelques-unes des premières années; durant ce temps, l'entrepreneur éleva ses prix à tel point que, sur une section, la Compagnie lui payait, par kilomètre parcouru, la somme anormale, mais non exagérée de 0f,65. Car, quoiqu'elle ait prévu qu'il ne faudrait pas plus de trois chevaux pour exploiter le système en un quelconque de ses points, on trouva que quatre chevaux étaient indispensables sur les pentes les plus raides, — sur Leith Walk, North Bridge et Portobello Road. En 1874, la Compagnie arrêta le marché, acquit tous les chevaux appartenant à l'entrepreneur et commença à fournir elle-même la cavalerie. D'après l'estimation qui a servi de base à la vente, les chevaux n'ont été payés que 700 francs l'un. Mais ils n'étaient pas convenables pour le service, et ce ne fut qu'en 1876 que ceux qu'on avait ainsi achetés furent remplacés par d'autres plus propres au travail. Cependant, sur quelques-unes des pentes, la fatigue est excessive et les chevaux sont durement éprouvés. Quand ils ont servi sur celles de Leith Walk, qui sont, en moyenne, de 1 sur 32, et dont le maximum est de 1 sur 14, ils sont successivement employés pendant quelques mois sur une autre section plus facile, où il n'y a pas de déclivité plus forte que 1 sur 25. Ils reprennent de la force quand ils ont travaillé quelque temps sur ces pentes plus douces, et sont ensuite remis sur les points où elles sont plus fortes. « Si l'on ne recourait pas à un pareil service, périodiquement modifié, » dit le docteur Wood, président de la Compagnie, « les chevaux ne dureraient pas. Même dans ces conditions, ils tiennent bien

moins longtemps que dans la plupart des autres villes, et il est excessivement difficile de les garder en bon état. »

La dépense moyenne pour les chevaux, en 1876, où la Compagnie a exploité par elle-même, est montée à 0f,484 par kilomètre parcouru. C'est probablement le taux le plus élevé payé pour les tramways en Angleterre. Tout naturellement la longueur parcourue par cheval est moindre à Édimbourg que partout ailleurs. Elle n'est que de 9 330 mètres par jour (l'année étant comptée à raison de 313 jours).

TRAMWAYS SUR RUES D'ÉDIMBOURG.

CAPITAL DÉPENSÉ AU 31 DÉCEMBRE 1876. — LONGUEUR DE VOIE, 21 383 MÈTRES.

| 1876. | TOTAUX. | PAR KILOMÈTRE de voie. | POUR CENT de la dépense totale. |
|---|---|---|---|
| | francs | francs | p. 100. |
| Frais préliminaires, de loi et de Parlement. . . | 752 750 | 35 210 | 13,64 |
| Droit de voirie. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 75 000 | 3 511 | 1,36 |
| Voie et équipements. . . . . . . . . . . . . . . | 3 408 750 | 159 364 | 61,74 |
| Écuries et propriétés. . . . . . . . . . . . . . | 506 050 | 23 664 | 9,17 |
| Cars. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 285 025 | 13 332 | 5,17 |
| Omnibus. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 35 950 | 1 678 | 0,65 |
| Chevaux. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 422 725 | 19 780 | 7,66 |
| Harnais. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 14 000 | 652 | 0,26 |
| Mobilier de bureaux. . . . . . . . . . . . . . . | 18 000 | 885 | 0,34 |
| Total. . . . . . . . . . . . . | 5 519 050 | 258 076 | 100,00 |

TRAFIC ET RECETTES POUR L'ANNÉE 1876.

| | |
|---|---|
| Longueur parcourue par 54 cars. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 316 846 kilom. |
| — — par car. . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 24 386 kilom. |
| — — par car, par jour. . . . . . . . . . . . . | 77k,91 |
| Nombre de voyageurs (de 8 000 000 à 9 000 000), soit. . . . . | 8 500 000 |
| — par car. . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 157 407 |
| — par kilomètre parcouru. . . . . . . . . . | 6,46 |
| Recettes du trafic. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 513 175 fr. |
| — diverses. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 39 600 |
| — totales . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 552 775 |
| — pour 100 du capital. . . . . . . . . . . . . . . . . | 28,13 |
| — par kilomètre. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 72 607 |
| — par kilomètre par semaine. . . . . . . . . . . . . | 1 396 |
| — par car. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 28 750 |
| — par car par kilomètre parcouru. . . . . . . . . . . | 1f,18 |
| — par car par voyageur. . . . . . . . . . . . . . . . | 0f,178 |

DÉPENSES D'EXPLOITATION POUR L'ANNÉE 1876.

*Longueur parcourue par les cars,* 1 316 846 *kilomètres.*

| 1876. | MONTANT des articles. | PART proportionnelle de la dépense totale. | DÉPENSE par kilomètre parcouru. |
|---|---|---|---|
| DÉPENSES DIRECTES. | francs | p. 100 | fr. |
| Chevaux | 659 075 | 58,53 | 0,484 |
| Réparation des cars et omnibus | 54 350 | 4,83 | 0,040 |
| Entretien de la voie | 67 675 | 6,01 | 0,050 |
| Trafic (y compris gages des conducteurs) | 197 575 | 17,54 | 0,145 |
| Frais généraux | 84 425 | 7,50 | 0,062 |
| Total | 1 063 100 | 94,41 | 0,781 |
| DÉPENSES ACCESSOIRES. | | | |
| Abonnement au gaz et à l'eau | 16 875 | 1,50 | 0,012 |
| Licenses | 3 000 | 0,27 | 0,002 |
| Indemnités et dépenses de loi | 42 975 | 3,82 | 0,032 |
| Total | 62 850 | 5,59 | 0,046 |
| Dépenses totales | 1 125 950 | 100,00 | 0,827 |
| Recettes totales | 1 552 775 | | |
| Recettes par kilomètre parcouru | | | 1f,141 |
| Dépenses par rapport aux recettes totales | | 72,52 p. 100 | 0f,827 |
| Recettes nettes par rapport aux recettes totales | | 27,48 p. 100 | 0f,314 |
| Recettes nettes par rapport au capital engagé | | 8,67 p. 100 | |

# CHAPITRE VII

## TRAMWAYS DE LEEDS, SHEFFIELD ET SOUTHPORT. TRAMWAYS PROVINCIAUX

### TRAMWAYS DE LEEDS. 1873-1876.

CAPITAL DÉPENSÉ.

| ANNÉE. | LONGUEUR ouverte au 31 Décembre. | CAPITAL DÉPENSÉ AU 31 DÉCEMBRE. | |
|---|---|---|---|
| | | Total. | Par kilomètre ouvert. |
| | mèt. | fr. | fr. |
| 1873 | 12872 | 2099950 | 163140 |
| 1874 | 17699 | 3007525 | 169920 |
| 1875 | 17699 | 3264275 | 184430 |
| 1876 | 17699 | 4014700 | 226850 |

RECETTES.

| ANNÉE. | LONGUEUR moyenne ouverte. | RECETTES. | | | RECETTES p. 100 du capital. | PAR kilomètre. | PAR kilomètre et par semaine. | PAR CAR. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Voyageurs. | Diverses. | Totales. | | | | |
| | mèt. | fr. | fr. | fr. | fr. | fr. | fr. | fr. |
| 1873 | 10156 | 318100 | 61550 | 379650 | 18,8 | 36535 | 702,60 | ? |
| 1874 | 16090 | 605350 | 20925 | 626275 | 20,8 | 38918 | 748,40 | 18150 |
| 1875 | 17699 | 928325 | 39200 | 967525 | 29,6 | 54665 | 1051,20 | 18975 |
| 1876 | 17699 | 959675 | 27950 | 987625 | 24,6 | 55802 | 1075,00 | 17325 |

## TRAMWAYS DE LEEDS. 1873-1876.

### DÉPENSE D'EXPLOITATION.

| | 1873 | 1874 | 1875 | 1876 | MOYENNE de 1875-76 | PAR RAPPORT à la dépense totale. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| DÉPENSES DIVERSES. | fr. | fr. | fr. | fr. | fr. | p. 100. |
| Chevaux | 125400 | 255925 | 441325 | 459600 | 450462 | 61,24 |
| Trafic, y compris les gages des conducteurs, etc. | 66900 | 143700 | 121725 | 139050 | 130388 | 17,72 |
| Cars, harnais, réparations en général | 16925 | 21700 | 53375 | 55200 | 54287 | 7,38 |
| Entretien de la voie | 2500 | 5125 | 13700 | 33475 | 23588 | 3,21 |
| Dép. générales (gaz et eau) | 14850 | 26300 | 33425 | 39250 | 36337 | 4,94 |
| Loyers | 8750 | 11450 | 15775 | 13975 | 14875 | 2,02 |
| Total | 235325 | 464200 | 679325 | 740550 | 709937 | 96,51 |
| DÉPENSES ACCESSOIRES. | | | | | | |
| Abonnements au gaz et à l'eau. Licences et droits indirects. | 6575 | 14425 | 17150 | 18400 | 17775 | 2,41 |
| Dép. de loi et de Parlement | — | — | 4850 | 4550 | 4700 | 0,64 |
| Diverses | 3675 | 4700 | 2575 | 3900 | 3238 | 0,44 |
| Total | 10250 | 19125 | 24575 | 26850 | 25713 | 3,49 |
| Dépenses totales | 245575 | 483325 | 703900 | 767400 | 735650 | 100,00 |
| Recettes totales | | | | | 977575 | — |

Dépense par rapport aux recettes . . . . . . . . . . . . . . . . 75,25 p. 100
Recettes nettes par rapport aux recettes . . . . . . . . . . . . 24,75 p. 100
— par rapport au capital dépensé . . . . . . . . . 6,65 p. 100

### LONGUEUR MOYENNE ET DÉPENSE POUR ENTRETIEN DE LA VOIE.

| ANNÉE. | LONGUEUR MOYENNE ouverte. | DÉPENSE TOTALE pour entretien. | PAR KILOMÈTRE. | PAR MÈTRE CARRÉ de voie. |
|---|---|---|---|---|
| | mèt. | fr. | fr. | fr. |
| 1873 | 10156 | 2500 | 246,15 | ? |
| 1874 | 16090 | 5125 | 318,50 | 0,083 |
| 1875 | 17699 | 13700 | 774,25 | 0,203 |
| 1876 | 17699 | 33475 | 1891,50 | 0,494 |

## TRAMWAYS DE SHEFFIELD. 1874-1876.

### CAPITAL DÉPENSÉ.

| ANNÉE. | LONGUEUR ouverte au 31 Décembre. | CAPITAL DÉPENSÉ AU 31 DÉCEMBRE. | |
|---|---|---|---|
| | | Total. | Par kilomètre ouvert. |
| | mètres | francs | francs |
| 1874 | 4 524 | 906 400 | 200 354 |
| 1875 | 7 642 | 949 300 | 124 222 |
| 1876 | 7 642 | 962 800 | 125 988 |

### RECETTES (20 CARS).

| ANNÉE. | LONGUEUR moyenne ouverte. | RECETTES. | | | RECETTES p. 100 du capital. | PAR kilomètre. | PAR kilomètre et par semaine. | PAR car. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Voyageurs. | Diverses. | Totales. | | | | |
| | mètres | francs | francs | francs | p. 100 | francs | fr. | francs |
| 1874 | 4 524 | 312 225 | 4 375 | 316 600 | 34,9 | 69 982 | 1 345,80 | ? |
| 1875 | 7 642 | 380 900 | 4 150 | 385 050 | 40,6 | 50 386 | 968,90 | ? |
| 1876 | 7 642 | 378 600 | 3 250 | 381 850 | 39,6 | 49 967 | 960,90 | 19 092 |

### DÉPENSES D'EXPLOITATION.

| | 1874. | 1875. | 1876. |
|---|---|---|---|
| Dépense totale. . . . . . . . . . . . . . . . . | 220 025 fr. | 269 975 fr. | 274 275 fr. |
| Dépense p. 100 des recettes. . . . . . . . . . | 69,5 p. 100 | 70,1 p. 100 | 71,8 p. 100 |
| Recettes nettes par rapport aux recettes totales. | 30,5 p. 100 | 29,9 p. 100 | 28,2 p. 100 |
| Recettes nettes par rapport au capital dépensé. | 10,6 p. 100 | 12,2 p. 100 | 11,2 p. 100 |

## TRAMWAYS DE SOUTHPORT. 1874-1876.

### CAPITAL DÉPENSÉ.

| ANNÉE. | LONGUEUR ouverte au 31 Décembre. | CAPITAL DÉPENSÉ AU 31 DÉCEMBRE. | |
|---|---|---|---|
| | | Total. | Par kilomètre ouvert. |
| | mètres | francs | francs |
| 1874 | 6 436 | 535 550 | 83 212 |
| 1875 | 6 436 | 575 600 | 89 435 |
| 1876 | 6 436 | 658 000 | 102 237 |

DÉTAIL DE LA DÉPENSE AU 31 DÉCEMBRE 1876. — LONGUEUR OUVERTE, 6 436 MÈTRES.

| | | Par kilomètre. | Pour 100 du total. |
|---|---|---|---|
| | francs | francs | |
| Tramways | 477 750 | 74 231 | 72,6 |
| Bâtiments | 57 650 | 8 958 | 8,8 |
| Chevaux et cars | 106 550 | 16 555 | 16,2 |
| Machines et matériel | 14 775 | 2 295 | 2,2 |
| Mobilier de bureau | 1 275 | 198 | 0,2 |
| | 658 000 | 102 237 | 100,0 |

RECETTES.

| ANNÉE. | LONGUEUR ouverte. | RECETTES | POUR CENT du capital. | PAR kilomètre. | PAR KILOMÈT. et par semaine. | PAR CAR. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | mètres | francs | | francs | fr. | francs |
| 1874 (15 mois) | 6 436 | 201 275 | 30,1 | 31 273 | 481,10 | 28 753 (7 cars) |
| 1875 | 6 436 | 194 550 | 33,8 | 30 228 | 581,30 | 24 318 (8 cars) |
| 1876 | 6 436 | 198 525 | 30,2 | 30 846 | 593,20 | 18 048 (11 cars) |

DÉPENSES D'EXPLOITATION.

| | 1874 (15 mois) | 1875. | 1876. |
|---|---|---|---|
| Dépense totale | 136 100 fr. | 107 475 fr. | 128 575 fr. |
| Dépense p. 100 des recettes | 67,6 p. 100 | 55,2 p. 100 | 64,8 p. 100 |
| Recettes nettes par rapport aux recettes totales. | 32,4 p. 100 | 44,8 p. 100 | 35,2 p. 100 |
| Recettes nettes par rapport au capital dépensé. | 9,7 p. 100 | 15,1 p. 100 | 10,6 p. 100 |

## TRAMWAYS PROVINCIAUX. 1875-1876.

CAPITAL DÉPENSÉ. — ACQUISITION, CONSTRUCTION ET ÉQUIPEMENT. 1876.

| NOM DU TRAMWAY. | LONGUEUR ouverte. | CAPITAL DÉPENSÉ. | |
|---|---|---|---|
| | | Total. | Par kilomètre. |
| | mètres | francs | francs |
| Plymouth | 3 282 | 899 575 | 274 094 |
| Cardiff | 3 862 | 875 000 | 226 566 |
| Portsmouth | 3 604 | 1 065 650 | 295 617 |
| Totaux | 10 748 | 2 840 225 | 796 277 |

RECETTES MOYENNES POUR 1875-76.

| NOM du tramway. | LONGUEUR ouverte. | RECETTES PAR AN Voyageurs. | Diverses. | Totales. | P. 100 du capital. | PAR KILOMÈTRE. | PAR KILOMÈTRE et par semaine. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | mèt. | fr. | fr. | fr. | p. 100. | fr. | fr. |
| Plymouth. . . . | 3 282 | 249 475 | 3 650 | 253 125 | 28,15 | 77 173 | 1 484,10 |
| Cardiff. . . . . | 3 862 | 239 225 | 4 150 | 243 375 | 27,82 | 63 018 | 1 211,90 |
| Portsmouth. . . | 3 604 | 181 100 | 1 850 | 182 950 | 17,17 | 50 763 | 976,20 |
| | 10 748 | 669 800 | 9 650 | 679 450 | 23,93 | 63 216 | 1 215,70 |

DÉPENSES D'EXPLOITATION. MOYENNES DE 1875-76.

| | PLYMOUTH. | | CARDIFF. | | PORTSMOUTH. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| DÉPENSES DIRECTES. | fr. | p. 100. du total | fr. | p. 100 du total | fr. | p. 100 du total |
| Chevaux, conducteurs, trafic. . . . | 156 650 | 77,56 | 120 500 | 71,40 | 119 650 | 76,53 |
| Réparation des cars. . . . . . . . . | 14 125 | 7,00 | 14 550 | 8,62 | 10 575 | 6,77 |
| Entretien de la voie. . . . . . . . . . | 3 725 | 1,85 | 5 700 | 3,38 | 1 850 | 1,19 |
| Dépenses génér., locales et à Londres. | 26 000 | 12,88 | 25 425 | 15,07 | 22 975 | 14,68 |
| Total. . . . . . . . | 200 500 | 99,29 | 166 175 | 98,47 | 155 050 | 99,17 |
| DÉPENSES ACCESSOIRES. | | | | | | |
| Licences. . . . . . . . . . . . . . . . . | 650 | 0,32 | 400 | 0,23 | 975 | 0,62 |
| Indemnités. . . . . . . . . . . . . . . | 550 | 0,28 | 875 | 0,52 | 375 | 0,24 |
| Dépenses légales. . . . . . . . . . . | 225 | 0,11 | 1 300 | 0,77 | » | » |
| Total. . . . . . . . | 1 425 | 0,71 | 1 575 | 1,52 | 1 350 | 0,86 |
| Dépense totale. . . . . . . | 201 925 | 100,00 | 168 750 | 100,00 | 156 400 | 100,00 |
| Recettes totales. . . . . . . . . . . . | 253 125 | » | 243 375 | » | 182 950 | » |
| Dépense par rapport aux recettes. . . | 79,8 0/0 | » | 69,3 0/0 | » | 85,5 0/0 | » |
| Recettes nettes par rapport aux recettes | 20,2 0/0 | » | 30,7 0/0 | » | 14,5 0/0 | » |
| Recettes nettes par rapport au capital dépensé. . . . . . . . . . . . . . . | 5,7 0/0 | » | 2,5 0/0 | » | 2,5 0/0 | » |

# CHAPITRE VIII

## TRAMWAY DE DEWSBURY, BATLEY ET BIRSTAL

C'est une ligne simple dont on a indiqué la construction à la page 55. Elle a 5 350 mètres de long.

Le tableau suivant donne l'état du capital dépensé au 30 Juin 1876.

| | Total. | Par kilomètre. |
|---|---|---|
| Dépenses préliminaires; de loi et de Parlement, etc. | 40 550 fr. | 7 580 fr. |
| Construction de la voie | 433 175 | 80 982 |
| *Id.* des écuries | 62 675 | 11 717 |
| Mobilier de bureau | 1 250 | 233 |
| Sellerie | 2 500 | 467 |
| 40 chevaux | 42 625 | 7 968 |
| 7 cars | 31 825 | 5 949 |
| Omnibus | 3 075 | 575 |
| Matériel : machine à vapeur, moulin, etc. | 10 325 | 1 930 |
| Dépense actuelle | 628 000 fr. | 117 401 fr. |
| Auditeurs des comptes | 250 | 47 |
| Dépense totale | 628 250 fr. | 117 448 fr. |

La dépense pour la construction de la voie se compose de la manière suivante :

| | | | Par kilomètre. |
|---|---|---|---|
| Payé à l'entrepreneur | | 412 035 fr. | 77 028 fr. |
| Indemnité à la corporation de Battey | 12 500 fr. | 15 000 | 2 804 |
| *Id.* *id.* de Dewsbury | 2 500 | | |
| Payé aux ingénieurs et commis des travaux | | 6 150 | 1 150 |
| | | 433 175 fr. | 80 982 fr. |

Deux des cars sont construits pour mener 40 voyageurs, 20 à l'intérieur et 20 sur l'impériale; ils pèsent chacun 2 286 kil. Les cinq autres cars portent 32 voyageurs, 16 dedans et 16 dehors, et ils pèsent 1 778 kil. chacun. Les roues ont un diamètre de 0$^m$,762 et sont à une distance de

1ᵐ,676 entre les essieux. Le trafic ordinaire s'exploite au moyen des plus petits cars. Les samedis, dans l'après-midi, et dans d'autres occasions spéciales, on employe aussi les cars les plus grands.

Le nombre total de 40 chevaux, possédés par la Compagnie, équivaut à 8 chevaux par car ordinaire en activité. Les autres cars sont traînés par ces mêmes chevaux. Ces derniers se reposent, à l'occasion pendant la semaine, et tous les dimanches, jours où le trafic est arrêté. « C'est certainement une excellente route, » dit M. Truswell, l'administrateur et secrétaire, « mais, néanmoins, elle comporte trop de pavés granitiques » — pour le bien des chevaux s'entend. Chaque car en service n'emploie que trois paires de chevaux par jour; la quatrième est réservée pour remplacer ceux qui sont malades ou ont besoin de repos. Chaque paire en activité marche un tiers de la journée.

Le nombre de kilomètres fournis par les cars pendant l'année 1875-76 a été de 171 358, parcourus en 313 jours. Ceci équivaut à :

| | | |
|---|---|---|
| 547ᵏ,4 | par jour. | |
| 109 ,5 | — | par car en service régulier (5). |
| 36 ,5 | — | par paire de chevaux. |
| 34 271 ,0 | par année et par car en service régulier. | |

Les recettes du trafic, pour les années 1875-76, ont été :

| | |
|---|---|
| Transports. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 123 625 fr. |
| Divers. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 3 075 |
| | 126 700 fr. |

qui équivalent à :

| | | |
|---|---|---|
| 20,17 p. 100 | du capital dépensé au 30 Juin 1876. | |
| 23 686ᶠ,00 | par kilomètre ouvert, et pour une année. | |
| 455 ,50 | — | et par semaine. |
| 25 340 ,00 | par car en service journalier. | |
| 0 ,739 | par kilomètre parcouru. | |

DÉPENSE D'EXPLOITATION POUR L'ANNÉE FINISSANT LE 31 JUIN 1876.

*Longueur parcourue par les Cars :* 171.358 *kilomètres.*

| | TOTAL. | PART proportionnelle de la dépense totale. | PAR KILOMÈTRE parcouru. |
|---|---|---|---|
| DÉPENSES DIRECTES. | fr. | p. 100. | fr. |
| Chevaux | 65 725 | 69,35 | 0,383 |
| Gages des conducteurs | 8 050 | 8,49 | 0,047 |
| Réparation des cars | 650 | 0,69 | 0,004 |
| Entretien de la voie | 2 000 | 2,10 | 0,011 |
| Frais généraux | 5 250 | 5,54 | 0,030 |
| Trafic | 10 125 | 10,68 | 0,060 |
| Total | 91 800 | 96,85 | 0,535 |
| DÉPENSES ACCESSOIRES. | | | |
| Loyers, abonnements au gaz et à l'eau | 2 607 | 2,75 | 0,015 |
| Licences | 368 | 0,39 | 0,002 |
| Total | 2 975 | 3,14 | 0,017 |
| Dépense totale | 94 775 | 100,00 | 0,552 |
| Recette totale | 126 700 | » | 0,739 |
| Dépense par rapport à la recette | 74,8 p. 100 | | » |
| Recette nette par rapport à la recette | 25,2 p. 100 | | 0,187 |

La dépense pour la cavalerie s'établit comme il suit :

| | |
|---|---|
| Nourriture | 43 376f ,55 |
| Renouvellement des chevaux (acquisition des nouveaux chevaux diminuée du prix de la vente des vieux) | 6 347 ,15 |
| Ferrure | 5 020 ,60 |
| Palefreniers-gages | 8 075 ,00 |
| Vétérinaire | 750 ,00 |
| Frais généraux | 1 770 ,60 |
| Réparations en général | 395 ,60 |
| | 65 735f ,50 |

Chaque cheval reçoit par jour 7k,700 d'un mélange composé d'avoine, de pois, de maïs et de son ; avec 5k,550 de foin haché, quelquefois mélangé avec de la paille. On lui donne aussi 680 grammes de graine de

lin, trempée dans l'eau froide pendant vingt-quatre heures, remuée et administrée sous forme de boisson. « C'est la meilleure chose que je connaisse, » dit M. Truswell, « et un changement fréquent dans la nourriture des chevaux donne les résultats les plus satisfaisants. On n'y prête pas l'attention qu'il mérite; il est excellent pour la santé et le bon état du cheval. »

Les quantités de nourriture consommée dans l'année ont été les suivantes :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Foin. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 64 668$^{k}$ | à | 203$^{f}$,00 | les 1.000$^{k}$. |
| Paille. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 34 162$^{k}$ | à | 98 ,40 | — |
| Avoine. . . . . . . . . . . . . . . . . | 106 716 litres | à | 11 ,70 | l'hectolitre. |
| Maïs. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 11 631 — | à | 12 ,90 | — |
| Haricots. . . . . . . . . . . . . . . . | 11 631 — | à | 18 ,10 | — |
| Pois. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 15 120 — | à | 18 ,10 | — |
| Graine de lin. . . . . . . . . . . . . | 6 106 — | à | 30 ,10 | — |
| Son. . . . . . . . . . 140 sacs de | 110$^{k}$ | à | 18 ,75 | l'un. |
| Trèfle ou luzerne, en vert. . . . . . | 55 981$^{k}$ | à | 49 ,00 | les 1.000$^{k}$. |
| Carottes. . . . . . . . . . . . . . . . | 72 66$^{k}$ | à | 67 ,65 | — |
| Paturage. . . . . . . . . . . . . . . . | | | 877 ,50. | |

« Pour ce qui regarde notre exploitation, il y a des chevaux qui sont usés au bout d'un an, tandis que d'autres dureront cinq ou six ans; mais il est de fait que nous leur faisons faire des courses plus longues et plus rapides par jour que beaucoup d'autres compagnies; et c'est là, pour une grande partie, la cause de leur moindre durée. Mais je tiens essentiellement à ce qu'ils soient bien soignés. » (M. Truswell.)

Les fers des chevaux durent, en moyenne, de huit à dix jours. Dans des cas exceptionnels, les chevaux ont dû être referrés tous les quatre jours.

# CHAPITRE IX

## COMPAGNIE GÉNÉRALE DES OMNIBUS DE LONDRES

L'administration de la Compagnie Générale des Omnibus de Londres dure depuis un nombre d'années assez considérable, l'expérience en est connue et les résultats ont été heureux ; aussi, croyons-nous bon de résumer quelques-uns de ces résultats, en les déduisant des comptes rendus semestriels de la Compagnie pour les années 1875-76. Les affaires de la Compagnie reposent, dans une proportion considérable, sur la fourniture des chevaux à la Compagnie des tramways Nord Métropolitains. Il n'est donc pas possible de faire ressortir des comptes la dépense nette pour le service des omnibus. Le résumé suivant contient tout ce qu'on peut utilement en tirer pour le comparer avec les comptes des Compagnies de tramways.

| *Capital en avoir.* | 1875 | 1876 |
|---|---|---|
| Baux et bâtiments | 1 845 200 fr. | 1 845 200 fr. |
| Fonds de commerce : omnibus, chevaux, harnais, pots de vin, dépendances | 13 052 900 | 13 038 500 |
| Total | 14 898 100 fr. | 14 883 700 fr. |
| *Omnibus.* | | |
| Longueur parcourue en kilomètres | 18 695 946 kil. | 18 997 392 kil. |
| Nombre moyen d'omnibus en service journalier : dans la semaine | 564 | 568 |
| — les dimanches | 460 | 470 |
| — par jour (7 par semaine) | 550 | 554 |
| Nombre de kilomètres parcourus par année, par chaque omnibus en service | 33 998 kil. | 34 600 kil. |
| Nombre de voyageurs transportés | 49 720 038 | 51 157 946 |
| — par kilomètre parcouru | 2,66 | 2,69 |
| Nombre moyen de chevaux | 7 913 | 7 893 |

*Recettes.*

| | | |
|---|---|---|
| Trafic ordinaire des omnibus et location. | 13 447 625 fr. | 13 601 400 fr. |
| Chevaux loués pour les cars de tramways. | 2 654 850 | 2 514 325 |
| Fumier et annonces. | 236 175 | 225 300 |
| Recettes totales. | 16 338 650 fr. | 16 341 025 fr. |
| Recettes pour cent du capital en avoir à la fin de l'année. | 109,6 p. 100 | 109,8 p. 100 |
| Recettes du trafic des omnibus; par omnibus en service. | 24 450 fr. | 24 550 fr. |
| — par jour (365). | 36 850 | 37 275 |
| — par omnibus par jour. | 66f,95 | 66f,90 |
| — par kilomètre parcouru. | 0 ,719 | 0 ,715 |
| — par voyageur. | 0 ,260 | 0 ,255 |

DÉPENSE MOYENNE D'EXPLOITATION POUR LES DEUX ANNÉES 1875-1876.

*Longueur parcourue par année :* 18 826 669 *kilomètres.*

*Dépense directe.*

| | | |
|---|---|---|
| Cavalerie, y compris le renouvellement des chevaux (7 903 ch.). | 10 115 450 fr. | |
| — par cheval. | | 1 280f,00 |
| Entretiens des omnibus et tabliers. | 735 775 | |
| — par omnibus en service (552). | | 1 332 ,50 |
| — par kil. parcouru (18 826 669k) | | 0 ,039 |
| Dépenses du trafic, y compris les gages des cochers et conducteurs. | 2 897 075 | |
| Frais généraux, y compris les loyers. | 685 250 | |
| Total. | 14 433 550 fr. | |

*Dépenses accessoires.*

| | | |
|---|---|---|
| Abonnements à l'eau et au gaz. | 69 400 fr. | |
| Impôts sur les denrées et licences. | 64 650 | |
| Indemnités et dépenses légales y relatives. | 90 500 | par kil. parcouru ou 0f,00304 |
| | 224 550 fr. | |
| *Dépense totale.* | 14 658 100 fr. | |

Les nombres de nouveaux omnibus qui ont été construits pour renouveler le matériel dans le courant des deux années sont les suivants :

| | |
|---|---|
| Semestre finissant en Juin 1875. | 9 |
| — Décembre 1875. | 11 |
| — Juin 1876. | 14 |
| — Décembre 1876. | 13 |
| Nouveaux omnibus en deux ans. | 47 |

Durant la même période le nombre des kilomètres parcourus a monté à 37 693 338, ce qui équivaut à 801 990 kilomètres par omnibus remplacé. La vie d'un omnibus peut donc s'estimer, en nombres ronds, à 802 000 kilomètres. La moyenne annuelle des kilomètres parcourus par les omnibus en service journalier est de 34 151. En la prenant de 34 000,

en nombres ronds, et en supposant les omnibus continuellement en service, on voit que leur vie moyenne serait d'environ 24 ans. Mais ils sont nécessairement au repos de temps en temps pour être réparés; quoique les comptes n'indiquent pas combien il y a d'omnibus en plus dans l'ensemble, on peut admettre, dans le cas qui nous occupe, que 80 p. 100 du nombre total sont en service journalier et que 20 p. 100, ou tout au plus un quart, sont en réserve ou en réparation. En ajoutant d'après cela un quart au nombre d'années précédemment trouvées, on arrive au chiffre de trente ans pour la vie réelle en années d'un omnibus.

La durée des chevaux forme un contraste peu agréable avec celle des véhicules. La moyenne du nombre total des chevaux, et le nombre des chevaux morts ou vendus, quand ils ont été impropres au service, ont été les suivants pendant l'année 1875-76.

| Année. | Moyenne du nombre total des chevaux. | Nombre des chevaux vendus. | P. 100 du total. |
|---|---|---|---|
| 1875 | 7 913 | 1 889 | 23,9 p. 100 |
| 1876 | 7 893 | 1 774 | 22,5 — |
| Moyennes. . . . . . | 7 903 | 1 832 | 23,2 p. 100 |

On voit d'après cela qu'environ 23 p. 100 de l'ensemble des chevaux doivent être vendus et, par conséquent, remplacés chaque année. De ces données, il résulte que le nombre tout entier des chevaux est renouvelé en :

$$\frac{100}{23,2} = 4,31 \text{ ans.}$$

et qu'ainsi la vie d'un cheval d'omnibus est de $4^{ans},31$ ; elle a varié de $4^{ans},2$ en 1875 à $4^{ans},44$ en 1876.

M. A. G. Church, directeur général et secrétaire de la Compagnie, s'appuyant sur les résultats d'une expérience longue et étendue, dit que la durée d'un cheval varie de quatre ans à quatre ans et demi dans le service, quatre ans pour ceux qui desservent les tramways et quatre ans et demi pour ceux qui mènent les omnibus. La moindre durée des chevaux de tramway s'explique aisément par le plus grand effort qu'il est nécessaire de développer pour faire partir un car de tramway à cause de sa masse, de sa rigidité et de son poids plus grands comparés aux éléments analogues pour un omnibus; il faut y joindre le plus grand nombres d'arrêts auxquels le car est exposé, à cause du plus grand nombre de voyageurs qu'il transporte et aussi à cause des obstructions accidentelles de la voie par d'autres véhicules. Les efforts fréquemment

répétés qu'on demande aux chevaux pour remettre les cars en mouvement agissent d'une manière désastreuse sur leur état ; car, quoique la résistance d'un car sur un tramway soit bien moindre par tonne que celle d'un omnibus sur une route ordinaire, l'effort de traction exigé pour le départ d'un car est bien plus grand que pour celui d'un omnibus. Le nombre plus grand des arrêts d'un car, pour prendre ou laisser les voyageurs, comparé à celui d'un omnibus, ressort du nombre même des voyageurs transportés par kilomètre parcouru, nombre plus considérable sur les tramways, puisqu'il s'élève à 4,68 voyageur par kilomètre sur les tramways Nord Métropolitains, exploités par la Compagnie des Omnibus, tandis quil n'est que de 2, 67 voyageurs par kilomètre parcouru par les omnibus. Si l'on tient compte des arrêts extraordinaires du car et de l'omnibus, il est très-probable que le premier est arrêté et remis en marche au moins deux fois aussi souvent que le second.

Il y a quelque chose de significatif dans la correspondance entre le nombre de chevaux vendus et remplacés et les recettes provenant du trafic des omnibus et de la fourniture des chevaux de tramways, dans les deux années 1875 et 1876. Ainsi en 1876, les recettes des omnibus étaient d'environ 150 000 francs plus fortes et celles des tramways à peu près plus faibles de cette même somme qu'en 1875. L'augmentation totale des recettes ressort du moins grand nombre de chevaux vendus en 1876 ; il était de 1774 contre 1889 vendus l'année précédente.

Les nombres proportionnels de chevaux morts ou de ceux vivants qui ont été vendus pendant l'année qui finit au 30 Juin 1876 ont été :

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 208 | chevaux | morts, ou. . . . . . . . . . . . . | 65 p. 100 |
| 676 | — | vivants, ou. . . . . . . . . . . . . | 35 — |
| 1 884 | — | vendus, ou. . . . . . . . . . . . . | 100 p. 100 |

On voit par là que les deux tiers des chevaux vendus étaient ou morts ou hors de service, tandis que le tiers restant n'était plus bon qu'aux travaux agricoles. Ces derniers étaient trop faibles ou couronnés. M. Church dit que la proportion relative des chevaux morts aux chevaux vivants qu'on vend est de 60 p. 100 pour les premiers et 40 p. 100 pour les autres. Les chevaux sont achetés vers l'âge de cinq ans, au prix d'environ 1 000 francs chacun ; quand ils sont usés, on les vend de 225 à 250 francs. Quand ils sont ensuite revendus pour l'agriculture, ils atteignent quelquefois les prix de 400, 425 ou 450 francs.

Les chevaux sont nourris presque entièrement avec du maïs ; on a abandonné l'avoine comme base d'alimentation. Nous donnons ici les quantités et dépenses de nourriture pour le semestre finissant le 31 Dé-

cembre 1876, en y comprenant les frais de préparation, transport et dépenses aux dépôts.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Avoine. . . . . . . . . . | 4 126 hectolitres à. . . . . | 11f,30 | 46 648 fr. |
| Maïs. . . . . . . . . . . | 143 000 — à. . . . . | 12 ,10 | 1 732 942 |
| Fèves. . . . . . . . . . | 2 678 — à. . . . . | 20 ,90 | 55 935 |
| Son. . . . . . . . . . . | 3 197 sacs à. . . . . . . . | 13 ,85 | 44 249 |
| Foin et luzerne. . . . . | 4 399 voitures à. . . . . . | 158 ,10 | 695 715 |
| Paille. . . . . . . . . . | 8 618 — à. . . . . . | 47 ,80 | 498 677 |
| Divers. . . . . . . . . . | » | » | 3 546 |
| | | | 3 077 712 fr. |

Le poids du grain consommé a été le suivant :

| | | |
|---|---|---|
| Avoine. . . . . . . . . . | 4 126 hectolitres. . . . . . . . . . . | 195 659 kil. |
| Maïs. . . . . . . . . . . | 143 000 — . . . . . . . . . . . . | 10 706 960 |
| Fèves. . . . . . . . . . . | 2 678 — . . . . . . . . . . . . | 208 870 |
| | Poids total. . . . . . . . . . . . . . . . | 11 111 489 kil. |

La dépense moyenne de nourriture consommée par chaque écurie était de 4 350 francs, y compris les dépenses accessoires se rattachant à ce chef.

Il résulte des renseignements qui précèdent que la dépense totale pour l'entretien et le renouvellement des chevaux était de 1 280 francs par an, soit environ 25 francs par semaine.

# CHAPITRE X

## ANALYSE DU CAPITAL DÉPENSÉ POUR LES TRAMWAYS ANGLAIS

Les comptes du capital engagé dans les compagnies de tramways témoignent de dépenses extrêmement inégales et disproportionnées, renfermant, au moins dans beaucoup de cas, des charges absurdes et arbitraires pour des dommages qui n'existent que de nom ou des priviléges purement imaginaires. La charge la plus absurdement injuste qui soit imposée aux compagnies de tramways dans les villes est la dépense de pavage des lignes. Celles-ci, qui ont une largeur de près de 5$^{m}$,50, dans le cas de lignes doubles, donnent une surface de 5 500 mètres carrés par kilomètre. En admettant que le mètre carré de pavage coûte environ 17 francs, non compris la fondation, c'est pour le pavage seul une dépense d'environ 94 000 francs qui devrait évidemment incomber aux municipalités.

Il n'y a pas une bien grande différence dans les prix de revient des tramways. Comme le fait remarquer M. Souttar, « un tramway coûtera pratiquement la même somme, quel que soit le système qu'on adopte; et c'est une question de conditions d'établissement, mais non pas de système.»..... « On ne saurait trop se persuader que le coût d'un tramway varie peu en raison du système suivant lequel on le construit; il dépend matériellement du poids du rail, de la qualité du pavage et du béton qu'imposent les circonstances (*). »

Les extraits suivants des prix nets de revient pour les différents tramways déjà décrits montrent la force de ces remarques. On y trouvera les éléments des trois termes essentiels de la dépense; — fouille et fondation en béton, voie et pavage. — Quoique dans quelques cas la subdivision de la dépense ne soit qu'approximative, on verra combien est limitée

(1) *Proceedings of the Institution of civil Engineers.* Vol. 1, p. 51.

la part qui provient de la voie seule, puisqu'elle est comprise entre 15 500 et 23 300 francs par kilomètre, en nombres ronds, suivant que les rails sont en acier ou en fer laminé. La variation de dépense indiquée dans le tableau ci-dessous est en effet affectée aussi bien par la diversité des prix, que par la matière et les quantités employées.

PRIX NET DE REVIENT DES TRAMWAYS, PAR KILOMÈTRE ET POUR UNE SEULE VOIE

*Fondation, voie, pavage (non compris les aiguilles et croisements).*

| LOCALITÉ OU DÉSIGNATION. | RAILS : matière et poids par mèt. cour[t]. | | FOUILLE et béton. | VOIE, y compris la pose. | PAVAGE. | DÉPENSE totale. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | kil. | fr. | fr. | fr. | fr. |
| 1. Tramways de Londres. . . . . . . . | Fer | 25,00 | 4 754 | 23 316 | 55 376 | 83 446 |
| 2. Édimbourg. . . . . . . . . . . . . . | Fer | 26,00 | 18 242 | 24 161 | 42 138 | 84 541 |
| 3. Dundee. . . . . . . . . . . . . . . . | Fer | 30,00 | 41 300 | | 37 601 | 78 901 |
| 4. Glascow. 1re entreprise. . . . . . . . | | » | 50 482 | | 23 058 | 73 540 |
| 5. — 6e — . . . . . . . . | Fer | 30,00 | 10 597 | 25 715 | 47 685 | 83 997 |
| 6. Bristol-Kincaid. . . . . . . . . . . | Fer | 21,500 | 7 520 | 19 655 | 41 020 | 68 195 |
| 7. Leicester-Kincaid. . . . . . . . . . | Fer | 23,500 | 4 894 | 17 853 | 20 020 | 42 767 |
| 8. Southport-Beloe. . . . . . . . . . . | Fer | 20,00 | 8 810 | 23 385 | 26 368 | 58 563 |
| 9. Wirral-Beloe. . . . . . . . . . . . | Fer | 26,00 | 7 302 | 20 478 | 24 550 | 52 330 |
| 10. Manchester-Barker. . . . . . . . . . | Acier | 20,00 | 36 047 | | 41 020 | 77 067 |
| 11. Liverpool-Deacon. . . . . . . . . . | Acier | 30,500 | 19 592 | 22 685 | 28 030 | 70 307 |
| 12. Souttar. . . . . . . . . . . . . . . | Acier | 27,500 | 15 491 | 21 955 | 42 138 | 79 584 |
| 13. Port de Glascow-Ransome, Deas et Rapier. . . . . . . . . . . . . . | Fonte | 101,00 | 9 493 | 37 601 | 38 782 | 85 876 |
| 14. Livesey. . . . . . . . . . . . . . . | Acier | 20,00 | ? | 18 303 | ? | » |
| 15. Cockburn-Muir. . . . . . . . . . . . | Fer | 15,00 | ? | 16 290 | ? | » |
| 16. Dowson. . . . . . . . . . . . . . . | Fer | 15,00 | ? | 15 926 | ? | » |
| Moyennes, non compris le n° 13. . . . . . . . . | | | 10 789 | 21 582 | 35 597 | 71 240 |

Mais en prenant les moyennes, les éléments du prix net de revient sont les suivants.

DÉPENSE NETTE MOYENNE POUR UNE VOIE A LIGNE SIMPLE AVEC DES RAILS D'ACIER OU DE FER LAMINÉ.

| | Ligne simple. | Ligne double. |
|---|---|---|
| Fouille et béton. . . . . . . . . . . . . . . . | 10 789 | 21 578 |
| Voie. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 21 582 | 43 164 |
| Pavage. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 35 597 | 71 194 |

Au prix net de revient, il faut ajouter les dépenses de loi, de parlement,

d'ingénieurs et les autres charges. Si nous examinons les résultats des comptes des onze tramways que nous avons analysés (à l'exception du système de la vallée de la Clyde), tramways presque tous à voie double et qui comprennent 209 974 mètres de rues, nous voyons que la dépense moyenne totale est de 290 662 francs par kilomètre.

Pour quatre de ces lignes — les tramways de Londres, des rues de Londres, des rues d'Édimbourg et de Dewsbury — dont le coût moyen est de 300 202 francs par kilomètre de rue, le tableau suivant donne une analyse approximative du capital dépensé.

DÉPENSE EN CAPITAL.

*Longueur des lignes : 68 108 mètres.*

| | Par kilomètre. | P. 100 au total. |
|---|---|---|
| Tramways ouverts. | 218 148 fr. | 72,66 |
| Propriétés, bâtiments, machines et matériel. | 29 832 | 9,93 |
| Mobilier de bureaux. | 699 | 0,23 |
| Matériel roulant. | 20 727 | 6,90 |
| Chevaux. | 29 056 | 9,68 |
| Harnais et équipages. | 1 740 | 0,58 |
| Total. | 300 202 fr. | 100,00 |

Nous avons déjà donné les éléments qui composent la dépense pour les « tramways ouverts » de la Compagnie des tramways de Londres ; nous les indiquons à nouveau ici.

| | Par kilomètre. |
|---|---|
| Double ligne de tramways. | 46 613 fr. |
| Pavage. | 124 301 |
| Honoraires d'ingénieurs. | 15 538 |
| Travaux extraordinaires, etc. | 31 076 |
| Frais de loi et de Parlement. | 15 538 |
| Total par kilomètre. | 233 066 fr. |

Les moyennes ne font pas ressortir les cas extrêmes; aussi doit-on dire que le capital engagé varie depuis 435 000 francs par kilomètre pour les tramways sur rues de Londres jusqu'à 102 200 francs par kilomètre, pour ceux de Southport.

# CHAPITRE XI

## RÉSUMÉ DES RECETTES DES TRAMWAYS

Les recettes des tramways démontrent d'une manière vraiment remarquable leur popularité et leur utilité. Sur les tramways de la Corporation de Glascow, les recettes, en 1876, s'élevaient à 2 874 francs par kilomètre par semaine, à raison de six jours par semaine; ce qui dépasse de beaucoup le montant relatif reçu par la Compagnie de chemin de fer la plus occcupée de Londres, celle du London and North Western Railway. En 1865, les recettes de cette dernière étaient exactement de 1 724 francs par kilomètre et par semaine.

RECETTES DES TRAMWAYS DANS L'ANNÉE 1876.

*Comprenant douze compagnies, occupant 220 kilomètres de rues ou routes.*

| NOM DU TRAMWAY. | RECETTES par kilomètre de voie. | PAR kilomètre par semaine. | PAR CAR. | PAR kilomètre parcouru. | POUR CENT du capital dépensé. |
|---|---|---|---|---|---|
| | francs | francs | francs | fr. | p. 100 |
| Nord-Métropolitain | 121 442 | 2 335 | 35 025 | 1,038 | 34,8 |
| Tramways de Londres | 104 817 | 2 015 | 25 875 | 0,910 | 32,6 |
| Tramways des rues de Londres. | 135 045 | 2 597 | » | 0,956 | 31,0 |
| Dublin | 119 475 | 2 297 | 26 075 | 1,140 | 29,2 |
| Corporation de Glascow | 149 850 | 2 874 | 22 975 | 0,945 | 43,0 |
| Vallée de la Clyde | 35 225 | 677 | 27 325 | 1,350 | » |
| Rues d'Édimbourg | 72 607 | 1 369 | 28 750 | 1,180 | 28,13 |
| Leeds | 55 802 | 1 075 | 17 325 | » | 24,6 |
| Scheffield | 49 967 | 960 | 19 092 | » | 39,6 |
| Southport | 30 846 | 593 | 18 048 | » | 30,2 |
| Dewsburry, Batley et Birstal. | 23 686 | 455 | 25 340 | 0,739 | 20.17 |
| Provinciaux | 63 216 | 1 215 | » | » | 23,93 |
| Moyennes | 92 371 | 1 776 | 26 750 | 1,018 | 32,8 |

| | | |
|---|---|---|
| Recettes par car en service | Nord-Métropolitain | 43 500 fr. |
| | Londres | 41 625 |
| | Dewsbury | 25 350 |

La plus faible recette a été de 450 francs; elle a été faite sur la ligne de Dewsbury, Batley et Birstal, dans la première année de son existence après son ouverture complète. Comme on peut le voir dans le tableau précédent, les recettes brutes, en 1876, montrent à 35 p. 100, ou à plus du tiers du capital de construction sur les tramways Nord Métropolitains; sur les tramways de la Corporation de Glascow, elles vont à 43 p. 100. Voici les moyennes des recettes données dans le tableau.

RECETTES EN 1876.

| | |
|---|---|
| Par kilomètre de voie | 92 371 fr. |
| Par kilomètre par semaine | 1 776 fr. |
| Par car | 26 750 fr. |
| Par kilomètre parcouru | 1f,018 |
| Pour 100 du capital engagé | 33 p. 100 |

Le taux maximum des tarifs autorisé par les Actes du Parlement est de 0f,10 par mille anglais (1 609 mètres) ou 0f,0648 par kilomètre; quoique, en général, on tolère une perception minima de 0f,1944 pour les distances moindre que 4 872 mètres. Mais ces tarifs n'ont probablement jamais été perçus. Au contraire, ils ne dépassent généralement pas 0f,0648 par kilomètre; sur bien des lignes, ils sont bien moins élevés que cela, — sur quelques-unes, ils sont seulement de 0f,0324 par kilomètre, pour des routes spéciales.

# CHAPITRE XII

## ANALYSE GÉNÉRALE DES DÉPENSES D'EXPLOITATION DES TRAMWAYS.

Dans les précédentes analyses de comptes, on a indiqué accidentellement combien la dépense pour la cavalerie pèse d'une manière lourde et spéciale sur les frais des tramways. Nous le rappelons ici pour quelques-unes des compagnies.

DÉPENSES POUR LES CHEVAUX.

| | POUR CENT de la dépense totale. | PAR KILOMÈTRE parcouru. |
|---|---|---|
| Nord-Métropolitain, 1874-1876. . . . . . . . . . | 56,67 | 0f,437 |
| Londres, 1874-1876. . . . . . . . . . . . . . . | 55,53 | 0 ,429 |
| Rues de Londres, 1876. . . . . . . . . . . . . . | 56,38 | 0 ,432 |
| Dublin, 1875-1876. . . . . . . . . . . . . . . . | 49,30 | 0 ,373 |
| Glascow, 1874-1876.. . . . . . . . . . . . . . . | 53,10 | 0 ,390 |
| Rues d'Édimbourg, 1875-1876. . . . . . . . . . | 58,53 | 0 ,484 |
| Dewsbury, Batley et Birstal, 1875-1876. . . . . | 69,35 | 0 ,383 |

La dépense pour les chevaux varie de 50 à 60 p. 100, et on peut admettre qu'elle est en moyenne de 55 p. 100 des recettes et de 0f,422 par kilomètre parcouru par des cars menés par une paire de chevaux. La dépense excessive à Édimbourg — 0f,484 par kilomètre parcouru — a déjà été expliquée par la très-grande raideur des pentes.

La dépense pour les gages des conducteurs et hommes qui changent les chevaux et celle qui concerne le trafic sont les suivantes.

DÉPENSES DE CONDUITE ET DE TRAFIC.

| | GAGES DES CONDUCTEURS, ETC. | | TRAFIC. | |
|---|---|---|---|---|
| | Pour cent. | Par kilomètre parcouru. | Pour cent. | Par kilomètre parcouru. |
| | p. 100 | fr. | p. 100 | fr. |
| Nord-Métropolitain, 1874-1876. . . . . | 8,58 | 0,066 | 17,16 | 0,132 |
| Londres, 1874-1876. . . . . . . . . . | 8,60 | 0,066 | 15,92 | 0,123 |
| Rues de Londres, 1876.. . . . . . . . | 10,94 | 0,081 | 15,47 | 0,114 |
| Dublin, 1875-1876. . . . . . . . . . . | (compris dans le trafic) | | 24,33 | 0,178 |
| Corporation de Glasgow, 1874-1876. . | id. | | 30,12 | 0,213 |
| Rues d'Édimbourg, 1875-1876. . . . . | id. | | 17,54 | 0,145 |
| Dewsbury, etc.. . . . . . . . . . . . . | 8,49 | 0,047 | 10,68 | 0,060 |

On peut admettre que la dépense pour les conducteurs, etc., est de 9 p. 100 des recettes, ou de 0f,0648 par kilomètre parcouru ; et que la partie qui concerne le trafic est de 17 p. 100 ou de 0f,1296 par kilomètre parcouru.

En réunissant ces trois chefs principaux de dépense, ils constituent les quatre cinquièmes de la dépense totale.

| | POUR CENT de la dépense totale. | PAR KILOMÈTRE parcouru. |
|---|---|---|
| Cavalerie | 55 | 0,4220 |
| Gages des conducteurs, etc. | 9 | 0,0648 |
| Dépenses pour le trafic | 17 | 0,1296 |
| | 81 | 0,6164 |

Le reste des parties constitutives de la dépense — réparation des cars, entretien de la voie, frais généraux et dépenses accessoires — donne les 19 p. 100 restant du capital, ou 0f,1624 par kilomètre parcouru.

MOINDRES DÉPENSES.

| | CARS. | VOIE. | FRAIS généraux. | DÉPENSES accessoires. |
|---|---|---|---|---|
| | fr. | fr. | fr. | fr. |
| Nord-Métropolitain | 0,033 | 0,024 | 0,029 | 0,051 |
| Londres | 0,037 | 0,024 | 0,055 | 0,038 |
| Rues de Londres | 0,032 | 0,023 | 0,044 | 0,029 |
| Dublin | 0,045 | 0,048 | 0,042 | 0,056 |
| Corporation de Glasgow | 0,037 | 0,022 | 0,034 | 0,026 |
| Rues d'Édimbourg | 0,040 | 0,050 | 0,062 | 0,046 |
| Dewsbury, etc. | 0,004 | 0,011 | 0,030 | 0,017 |

Aucun de ces articles ne monte à 0f,0648 par kilomètre (0f,10 par mille anglais). Les lignes ne sont pas encore assez anciennes pour que les dépenses d'entretien de la voie et des cars aient atteint leur taux normal ; il faut en excepter peut-être les tramways de Dublin, qui sont les lignes les plus vieilles de celles qui figurent sur la liste. Toutefois, il n'est pas probable que ces articles de dépense montent jamais dans l'avenir à 0f,0648 par kilomètre parcouru sur aucune de ces lignes. M. Hopkins a estimé que, pour entretenir la voie des tramways Nord Métropolitains, la somme de 5 438 francs par kilomètre est suffisante à perpétuité. Comme la longueur parcourue en 1876 montait à 188 253 kilomètres, la somme précédente équivaudrait à environ 0f,0288 par kilomètre.

### Dépense totale.

La dépense totale sur les tramways est en moyenne de $0^{f},76$ par kilomètre parcouru; elle est les 75 p. 100 des recettes brutes qui sont en moyenne de $1^{f},035$ par kilomètre parcouru.

---

# QUATRIÈME PARTIE

## CARS DE TRAMWAYS

---

# CHAPITRE PREMIER

## NOTICE HISTORIQUE SUR LES CARS DE TRAMWAYS.

---

Les plus anciens cars construits spécialement pour les tramways modernes, sont ceux qui ont été créés en 1831 pour le chemin de fer sur rues de New-York et Haarlen, dont la première section a été ouverte dans New-York en 1832. Ces cars, représentés *fig.* 100, étaient établis

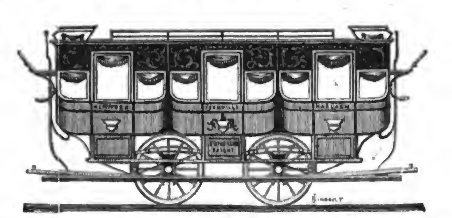


Fig. 100. — Car primitif, construit en 1831, par John Stephenson, New-Yorck.

avec des caisses semblables à celles des voitures qui circulaient sur les routes à cette époque. Ils avaient trois compartiments, munis chacun de portes latérales. La caisse était portée sur des ressorts en cuir. Le cocher était assis sur un siége élevé, en tête; le frein, qui n'agissait que sur une paire de roues, était mû par le pied du cocher. Les roues. freins,

barres d'attelage, etc., étaient combinés ensemble pour former un bâti, ou ensemble indépendant de la caisse, qui reposait sur les quatre boîtes d'essieux de ce bâti. Les cars de tramways ont été construits dans ce système pendant plusieurs années, jusqu'à ce que l'expérience eût montré que les portions du bâti, que ne portaient pas les ressorts, s'usaient bien vite, se disloquaient et demandaient à être bientôt remplacées. Le premier changement à ce type consista dans l'emploi de ressorts d'acier laminé au lieu de ressorts en cuir; leurs extrémités étaient logées dans des espèces de poches à la partie inférieure de la caisse, tandis que les ressorts étaient attachés aux boîtes à graisse par leur milieu. On supprima ensuite le bâti. On n'employait pas les plaques latérales, connues sous le nom de plaques de garde. Quoique cette forme de partie roulante ait été mise en pratique pendant plusieurs années, elle laissait beaucoup à désirer parce que l'ajustage des roues et des essieux manquait de précision. On appliqua dans la suite les plaques de garde, qui embrassèrent les boîtes à graisses et maintinrent les essieux bien d'équerre.

Vers l'année 1856, on remplaça les ressorts latéraux laminés, par des ressorts courbes en acier; et ces derniers à leur tour cédèrent la place aux ressorts en spirale ou, pour employer le mot propre, aux ressorts à boudins. Dans tous les cas, il n'y en avait qu'un seul, qui était placé sur la partie supérieure de la boîte à graisse. Mais, en 1858, on en mit deux à chaque point d'appui. Un étrier à bouts taraudés reposait sur la boîte à graisse et supportait un ressort de chaque côté de celle-ci. Vers la même époque on découvrit pour la préparation du caoutchouc une méthode qui lui conserve son élasticité, indépendamment de la chaleur ou du froid, et augmente dans une proportion considérable la faculté qu'il a de porter les charges. La réunion, pour cette matière, du bon marché, de la durée et de la douceur d'action conduisirent à remplacer les ressorts d'acier par ceux en caoutchouc. Mais, depuis l'expiration du brevet pour la méthode de préparation, la fabrication de cette substance est tombée dans le domaine public; on a mis dans le commerce des marchandises de qualité inférieure, la bonne réputation acquise par les ressorts de caoutchouc en a souffert et, comme conséquence, on est revenu aux ressorts à boudins et autres.

Les roues du car américain primitif étaient en fonte, a rais plats, comme le montre la *fig.* 100. Le moyeu était divisé, suivant des rayons, en trois sections pour permettre le retrait du métal quand il se refroidit. Mais ces roues n'étaient pas bien fortes et on les remplaça par de solides roues en bois, à bandages de fer. Ces dernières étaient pesantes, dispendieuses, et elles étaient exposées à manquer par suite du relâchement des bandages. Vers 1834, on commença à se servir de la roue plate, ou

roue à disque en fonte; on la considère en Amérique comme le meilleur type de roue pour toute espèce de services.

Pendant bien des années, on avait supposé qu'un car de tramway ne resterait pas sur la voie si la hauteur des boudins des roues était inférieure à $0^m,031$; et quoiqu'on ait réduit un peu cette dimension, ce n'est que vers l'année 1857 qu'on découvrit qu'une hauteur de $0^m,012$ était suffisante pour cet objet. Le boudin de $0^m,012$ est maintenant universellement employé sur les tramways.

Jusqu'en 1858, les freins consistaient en sabots appliqués sur les tambours des roues; mais quand le rail plat ou rail à gradin devint en usage pour les tramways, on trouva que, les bonnes roues de cars perdant par usure $0^m,012$ de leur épaisseur à la circonférence avant d'être hors de service, le boudin devenait plus haut de cette même quantité $0^m,012$, qu'il arrivait à toucher le fond et que, généralement au bout de trois ou quatre ans, le rail se fendait par suite de l'action de pénétration de ce boudin. En même temps, la résistance additionnelle de frottement due au contact de deux surfaces de rayons différents, le tambour et le boudin, croissait d'une quantité allant de 30 à 50 p. 100 de la résistance dans des conditions normales. On répondit aux objections de l'usure inégale en augmentant l'étendue des sabots des freins, de manière à les faire porter aussi bien sur le boudin que sur le tambour de la roue. Tous les deux s'usèrent alors de la même manière, la vie de la roue fut prolongée, le rail préservé de la rupture et on empêcha en même temps la résistance additionnelle à la traction.

L'espèce la plus dure de fonte trempée est la meilleure matière pour les patins des freins, en raison de l'usure sur les boudins des roues. Mais ce n'est pas la meilleure pour arrêter le car, parce qu'elle « ne prend pas » sur la roue aussi bien que le fer doux. Cependant il faut que les freins puissent fournir une pression suffisante pour empêcher les roues de tourner.

Dans la construction des cars américains, on emploie pour le châssis le meilleur chêne blanc d'Amérique, et pour la caisse le meilleur frêne blanc. La vie d'un car en Amérique, quand il est convenablement entretenu, est de 25 à 30 ans. Sur le tramway de New-York et Haarlem, des cars, qui y ont été placés en 1857, sont encore en service. M. Brancroft dit que les roues durent le temps d'un parcours d'environ 48 270 kilomètres et les essieux de 321 800 à 482 700 kilomètres. Sur des tramways de 6 436 à 12 872 mètres de longueur, avec des pentes pouvant atteindre $0^m,04$ par mètre, des cars contenant 80 passagers comme charge maxima sont ordinairement menés par deux chevaux; quand la saison est très-

chaude, on en ajoute quelquefois un troisième pour aider les autres sur une rampe un peu plus forte.

Le prix des cars à impériale en Amérique est d'environ 1 100 dolars ou 5 830 francs.

M. Martineau a donné (1) le tableau suivant pour la capacité et le poids des cars et wagons de tramway :

POIDS DES CARS ANGLAIS ET ÉTRANGERS CONSTRUITS PAR LA COMPAGNIE DES CARS ET WAGONS DE STARBUCK.

*Cars.*

| | | | | | Poids. |
|---|---|---|---|---|---|
| Car de Londres | 22 | places d'intérieur | et 22 | d'extérieur | 2 527 kil. |
| Holylake | 22 | — | 24 | — | 2 408 |
| Birkenhead | 22 | — | 24 | — | 2 406 |
| Oporto | 20 | — | 20 | — | 2 057 |
| Middlesbro | 16 | — | 16 | — | 1 727 |
| Naples, car ouvert avec 5 banquettes donnant 20 places | | | | | 1 088 |
| — car avec 12 places d'intérieur seulement et séparations | | | | | 1 365 |
| — car avec 16 places d'intérieur seulement | | | | | 1 727 |
| Bruxelles | 16 | — | | | 1 727 |
| Middlesbro | 14 | — | | | 1 270 |
| Sheffield | 16 | — | | | 1 468 |
| Leeds | 18 | — | | | 1 570 |

*Wagons de tramways pour marchandises.*

| | |
|---|---|
| Wagon de Pernambuco | 1 499 kil. |
| — d'Oporto, découvert pour marchandises | 1 384 |
| — — couvert — | 1 638 |

NOTA. Les poids ci-dessus conprennent les roues et les essieux.

On voit, d'après cet état, que le poids varie depuis 2 540 kil. pour un car de grandes dimensions contenant 46 voyageurs jusqu'à 1 540 kil. pour un car léger à un seul cheval contenant 14 places d'intérieur. On a fait pour la Russie des cars plus lourds, du poids de 3 048 kil. et qui ne sont pas compris dans le tableau ci-dessus.

Ils ont leur châssis inférieur et leurs panneaux en fer, et des ressorts elliptiques. Les ressorts qui portent les cars sont généralement en caoutchouc, dans leur entier ou pour partie ; mais on a trouvé qu'ils ne pourraient supporter le froid extrême et persistant de l'hiver en Russie, et à cause duquel des ressort d'acier sont indispensables. Les ressorts en acier, joints aux freins à vis que préfèrent les ingénieurs russes, rendent évidemment le car russe plus pesant que les cars anglais.

Les cars légers, à un seul cheval, sont employés en Angleterre, — principalement à Sheffield, Leeds et Leicester. — On en fait aussi beau-

(1) *Proceedings of the Institution of civil Engineers.* Vol. I, p. 42.

coup usage sur le continent, — à Naples, Oporto, Anvers et Bruxelles; — il paraît que leur emploi se développe et qu'ils remplacent les cars à deux chevaux avec une impériale. Comme M. Martineau le fait judicieusement observer, il n'est pas douteux que le poids considérable des siéges supérieurs et des personnes qu'ils contiennent ne développe des efforts très-grands sur le bâti d'un car, aux départs et aux arrêts, et que par suite les véhicules qui ne comportent pas ces places n'aient une bien plus longue durée. On a dit que l'essence d'un tramway est de satisfaire à un courant continu de trafic de telle manière que, si cela est possible, il y ait toujours un car en vue; et le principe de la continuité de service peut souvent être réalisé plus économiquement au moyen de cars à un cheval qu'avec ceux plus pesants que traînent deux chevaux.

En prenant de larges moyennes, on peut dire que le nombre de voyageurs transportés par kilomètre parcouru est de 4 à 5. La signification de cette donnée statistique, c'est que chaque car prend et laisse 4 ou 5 voyageurs par kilomètre qu'il parcourt. En supposant qu'un car, qui fait $102^{k},6$ par jour, s'arrête tous les 400 mètres, pour prendre des voyageurs ou à cause des interruptions, il aurait donc à peu près 300 arrêts et départs par jour. Quand on songe qu'un car de 2 tonnes 1/2, complétement rempli de voyageurs devient une masse en mouvement égale à 6 tonnes en poids, — ou à 4 tonnes quand il est à demi chargé, — il est évident que l'obligation d'arrêter, puis de remettre en mouvement une masse aussi pesante, donne naissance à des efforts intérieurs infiniment plus considérables, comparativement, que cela ne se produit dans les omnibus ordinaires de 1 500 kil. ou même dans les voitures de chemin de fer. Et encore ces dernières, quoique solidement conditionnées, finissent-elles par se disloquer. L'oscillation élastique des caisses de ces voitures peut être observée aux portes, dans bien des cas au départ d'un train, quand la soupape d'admission de vapeur n'est pas convenablement ouverte pour donner au convoi un mouvement continu et progressif.

Mais il y a contre les petits cars cette objection évidente que ce qu'on appelle le « poids mort » constitue pour eux une plus forte proportion du poids brut, par rapport aux voyageurs, que dans les cars de plus grandes dimensions. On a vu, par exemple, que le car de 2 tonnes 1/2 peut porter 3 tonnes 1/2 de voyageurs, — poids qui paye, — tandis que le car de 1 200 kil, ne prend guère plus d'une tonne de voyageurs. Autrement

Le car de 2540 kil. pèse $54^{k},86$ par voyageur.
Celui de 1220 ,86 —

Ce qui montre que le car le plus léger a 37 1/2 p. 100 de poids de matière de plus par voyageur que le plus pesant. Il y a un certain degré de vérité dans la conclusion qu'on tire ainsi en faveur de ce dernier. Mais ceci peut conduire à des mécomptes. Si l'on suppose au contraire que le car plus pesant ne transporte en moyenne que le même nombre de voyageurs que l'autre, on pourra, d'une manière aussi plausible, faire voir que le car plus léger serait plus économique, puisqu'il n'aurait que 3 tonnes 1/4 de poids brut contre 4 1/4 pour l'autre. Il faut ajouter enfin que le car le plus léger n'emploie qu'un cheval, tandis que pour l'autre il en faut deux.

---

# CHAPITRE II

## CAR A VOYAGEURS, AVEC PLACES INTÉRIEURES ET EXTÉRIEURES, CONSTRUIT PAR LA COMPAGNIE MÉTROPOLITAINE DES VOITURES ET WAGONS DE CHEMIN DE FER.

(PLANCHE VII.)

---

Ce car a été construit pour le tramway nord des rues de Dublin. Il est adapté à la voie des chemins de fer et tramways d'Irlande qui est de 1$^m$,60. Il peut contenir 20 voyageurs à l'intérieur et 22 à l'extérieur, en tout 42 voyageurs. Son poids est d'environ 2 540 kil., ce qui équivaut à 60 kil. par voyageur. Le poids des 42 voyageurs est de 3 048 kil., et le poids brut à pleine charge de 5 588 kil. La caisse du car a 4$^m$,648 de long et 2$^m$,032 de large, hors œuvre. Elle a environ 3$^m$,073 de hauteur jusqu'aux siéges d'impériale, et la hauteur totale jusqu'aux parties les plus élevées est de 3$^m$,429. La longueur totale du car est de 6$^m$,477, dans laquelle se trouvent comprises deux longueurs de 0$^m$.914, une à chaque extrémité, pour les plates-formes. La longueur de la caisse à l'intérieur est 4$^m$,457; ce qui, à raison de 10 places de chaque côté, donne pour chaque voyageur une largeur de 0$^m$,445. Sur l'impériale, où il y a 22 places, 11 de chaque côté, chaque voyageur a une largeur de siége de 0$^m$,420. Les roues sont placées à une distance de 1$^m$,829, d'axe en axe.

On accède aux siéges d'impériale par un escalier en spirale, à chaque extrémité du car. Les siéges intérieurs sont rembourrés avec le meilleur crin bouclé, et recouverts en velours d'Utrecht. La caisse se ferme à chaque bout par une porte à coulisse. Toutes les vitres sont fixes, excepté deux de chaque côté; celles-ci peuvent s'ouvrir en glissant de haut en bas; elles sont appliquées sur les coulisses au moyen de ressorts qui les maintiennent en place. Les rideaux glissent sur des vergettes de fer. La ventilation est assurée au moyen de petites fenêtres à charnières situées sous les siéges d'impériale. Deux lampes sont fixées dans l'intérieur.

Toute la carcasse est en chêne ou en frêne bien sec; les panneaux sont en acajou, épais de 0m,010. Les portes sont en frêne. Le toit est recouvert de toile à voile rendue complétement imperméable par la peinture. Cette toile est protégée par des grilles en petites voliges sur lesquelles circulent les voyageurs d'impériale.

Le bâti inférieur se compose de deux longerons de 0m,088 sur 0m,076; de deux traverses terminales de 0m,114 de large sur 0m,076 de haut, entaillées pour recevoir le plancher, et de quatre barres tranversales, larges de 0m,088 et épaisses de 0m,051. Les lames du plancher ont 0m,025 d'épaisseur et affleurent les longerons et les traverses dans lesquels elles pénètrent. Les montants d'angle ont 0m,093 sur 0m,114 et sont arrondis extérieurement. Il y a de chaque côté sept montants intermédiaires qui forment les châssis des vitres latérales. Les longerons supérieurs sont carrés et ont 0m,63 de côté. Les traverses extrêmes ont 0m,037 d'épaisseur et sont contournées suivant la forme du toit; il y a 16 traverses ou chevrons intermédiaires de 0m,030 sur 0m,030 et placés à des distances de 0m,279 d'axe en axe. Les voliges de l'impériale ont 0m,015. Chaque plateforme repose sur trois modillons ou bras, larges de 0m,07, épais de 0m,145 en leur milieu et boulonnés sur le bâti inférieur du car.

Les roues et les essieux, *fig.* 101, 102, 103, sont en acier fondu. Les

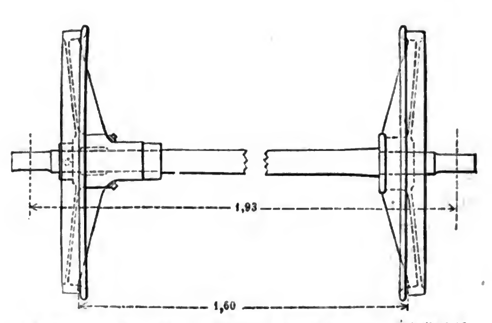
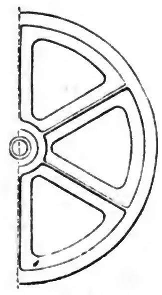



Fig. 101. — Car à voyageur de Dublin. — Roues et essieux. Échelle 1/16.

roues ont 0m,762 de diamètre et présentent six rais. L'une d'elles est fixée à demeure sur l'essieu, l'autre est folle et roule librement. Elle a un moyeu long de 0m,203, creux dans son milieu, et qui forme un réservoir pour l'huile. La couronne a 0m,063 de large et présente un boudin en saillie de 0m,014 sur le tambour de la roue, comme le montre la section (*fig.* 103). L'essieu a 0m,063 de diamètre entre

les roues, et $0^{m},060$ dans la partie des moyeux. Les fusées ont $0^{m},047$ de diamètre et $0^{m},120$ de long. Leurs extrémités sont planes, sans collier et buttent perpendiculairement contre des plaques d'acier de support introduites dans les boîtes à graisse. Le diamètre du tambour ou bandage des roues est de $0^{m},762$ près du boudin ; il a $0^{m},003$ de moins à l'arête extérieure, ce qui donne une inclinaison de 1/24 sur la surface. La couronne a $0^{m},022$ d'épaisseur à l'arête extérieure. Les deux roues sont placées sur l'essieu à une distance de $1^{m},555$ entre les parties intérieures des bandages, c'est-à-dire à une distance moindre de $0^{m},045$ que la voie des rails ; de sorte qu'en déduisant l'épaisseur des deux boudins, il reste $0^{m},012$ pour le jeu. Donc, quand les roues occupent une position bien centrale sur les rails, les boudins sont juste à une distance de $0^{m},006$ du rail de chaque côté. C'est là un point important. Il est nécessaire que les boudins ne roulent pas contre les rebords intérieurs des rails afin d'éviter l'inflexion de la voie, l'augmentation de résistance, l'altération probable de la largeur de voie et le déraillement. Il est donc bon que le jeu soit limité à ce qui est strictement nécessaire pour la libre circulation et que le reste de la largeur de l'ornière soit réservé pour le boudin. Il y a encore un autre avantage dans cette disposition des roues ; c'est que les détritus qui peuvent s'être amassés dans l'ornière sont bien plus facilement rejetés de côté par l'action des boudins. La longueur de l'essieu entre les centres des fusées est de $1^{m},93$, c'est-à-dire $0^{m},330$ de plus que la largeur de voie. Le surplomb de $0^{m},165$ à chaque extrémité ou de $0^{m},127$ à partir du moyeu de la roue, a l'avantage de donner un certain degré de jeu élastique entre le point d'appui de la roue sur le rail et celui de la boîte à graisse.


Fig. 102. — Car à voyageurs de Dublin. Demi-élévation de la roue. Éch. 1/16.

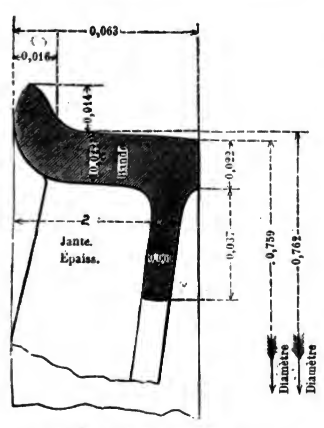
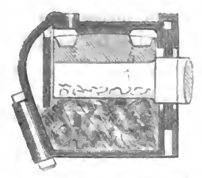


Fig. 103. — Car à voyageurs de Dublin. Section d'un bandage de roue. Échelle 1/2.

Les boîtes à graisse, *fig.* 104, sont du système américain. Elles sont construites d'une manière parfaite, avec graissage à l'huile. Le corps de la boîte est fondu d'une seule pièce; il porte à sa partie basse un réservoir pour un tampon de coton imbibé d'huile qui enveloppe la fusée à sa surface inférieure. Le coussinet d'appui, en laiton ou en bronze à canon, *fig.* 105, porte à sa partie supérieure une cuvette



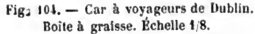


Fig. 104. — Car à voyageurs de Dublin. Boîte à graisse. Échelle 1/8.

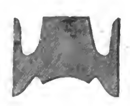


Fig. 105. — Cars à voyageurs de Dublin. Coupe du coussinet dans la boîte à graisse. Éch. 1/4.

servant de réservoir d'huile. Cette dernière est introduite par un trou ménagé à la partie supérieure de la boîte et pénètre jusqu'à la fusée par deux conduits pratiqués dans le coussinet. Celui-ci porte dans toute sa longueur sur la fusée, mais n'a en largeur qu'une surface de contact très-limitée, environ $0^{m},029$. L'aire horizontale de la surface d'appui sur une fusée est $(0,120 \times 0,029) = 34,8$ centimètres carrés, le poids maximum qu'elle porte est le quart de 5080 kil. ou 1 270 kil.; ce qui équivaut une charge de $35^{k},06$ par centimètre carré. De même pour la surface horizontale de la fusée qui s'élève à $(0,120 \times 0,047) = 56,4$ centimètres carrés, la charge maximum est de $22^{k}35$ par centimètre carré. Ce sont là des nombres considérables pour la pression par centimètre carré. On peut les mettre en parallèle avec les chiffres correspondants des pressions sur les fusées du matériel roulant de chemin de fer.

| | Tramway. | Chemin de fer. |
|---|---|---|
| Charge par centimètre carré de surface d'appui. . . | $35^{k},06$ | $21^{k},09$ |
| — d'aire horizontale de fusée. . | 22 ,35 | 15 ,66 |

L'excès de charge dans les cars se trouve contre-balancé par la vitesse limitée du trafic sur les tramways, jointe à la fréquence des arrêts. Il y a un autre élément caractéristique dans cette boîte à graisse, élément d'une grande utilité; c'est une rondelle en carton ou en feutre, — le garde-sable — qui entoure l'essieu et est logée dans une rainure ménagée à la partie interne de la boîte. Cette sorte d'écran, non-seulement prévient l'entrée de la poussière et des ordures dans la boîte à graisse, mais encore empêche que l'huile ne se perde.

Le coussinet est libre de glisser latéralement sous la partie supérieure de la boîte à graisse, et il est légèrement arrondi à la surface qui s'appuie sur la boîte. La résistance nécessaire aux extrémités de l'essieu est fournie par une plaque d'acier, introduite et portée dans des coulisses à la partie antérieure de la boîte; elle reçoit la buttée du bout de la fusée et limite le déplacement latéral de l'essieu à un jeu de $0^m,009$ à $0^m,012$. La fusée elle-même peut glisser librement dans le sens latéral, sous le coussinet, mais dans des limites restreintes. L'effet de cette liberté d'action est de réduire au minimum les chances de voir les essieux gripper ou s'échauffer dans les boîtes à graisse, tout en facilitant en même temps la traction du car.

Une portion de la face antérieure de la boîte à graisse s'enlève facilement, de manière que toutes les parties de l'intérieur puissent être visitées, le coussinet retiré ou le tampon de coton renouvelé. On peut aussi enlever la boîte, tout d'une pièce, de dessus l'essieu.

Les plaques de garde sont en fonte et boulonnées sur les longerons de la caisse. Elles présentent de larges surfaces d'appui pour embrasser la boîte à graisse sur toute sa longueur et sa largeur; de chaque côté de celle-ci se trouve ménagé un renfoncement où sont logés les ressorts de suspension. Ils sont en caoutchouc; il y en a deux pour chaque boîte; ils sont fabriqués par la North British Rubber Company. Ils ont la forme de tonneaux (renflés au milieu); ils reposent entre deux rondelles en forme de plateaux, sur les prolongements latéraux d'une sorte de sellette en fer forgé qui s'étend de part et d'autre de la boîte à graisse. Les longerons du car portent sur la partie supérieure des ressorts.

Ceux-ci sont formés d'une préparation spéciale de caoutchouc, plus raide que cette matière pure, et qui permet de se dispenser d'employer l'acier comme auxiliaire. Il n'est nullement besoin de combiner l'acier avec le caoutchouc, pourvu qu'on ait une surface de base suffisamment étendue pour ce dernier. Sur chaque boîte à graisse il y a deux ressorts en caoutchouc qui ont environ $0^m,178$ de hauteur quand ils ne sont pas chargés, et $0^m,114$ de diamètre au milieu. Leur hauteur diminue de $0^m,009$ quand ils portent un car vide, c'est-à-dire un poids net de 2032 kil. réparti sur huit ressorts, le poids qui agit sur chacun d'eux est de 254 kil., d'où l'on déduit que chaque ressort cède de $0^m,0354$ par 1000 kil. agissant directement sur lui, et dans les premières périodes de la compression. Pour un poids net de 5 080 kil. chaque ressort porterait $\frac{5080}{8} = 635$ kil. et la dépression totale serait d'environ $0^m,025$ pour chacun deux.

Le frein, connu sous le nom de frein Stéphenson de New-York, est

manœuvré de la plate-forme à chaque extrémité du car. Uu patin de fonte s'applique à chaque roue. Les patins sont attachés, deux par deux, sur des arbres qui correspondent chacun à une paire de roues. Quand le frein n'est pas serré, ils ne portent pas sur les roues. Le serrage se fait à la main en tournant une manivelle en fer qui actionne une tige sur laquelle s'enroule une chaîne. Cette chaîne agit sur une des extrémités d'un long balancier, tournant autour du centre du car; ce balancier amène les arbres et les patins qu'ils portent, en contact avec les roues, par le moyen de deux bielles qui sont fixées sur lui près du centre de rotation. La pression réelle ainsi exercée sur les roues peut se calculer quand on connaît les dimensions de l'appareil de transmission. La manivelle a un rayon de $0^m,254$, tandis que la chaîne s'enroule sur un arbre qui a un rayon moyen de $0^m,022$. Ensuite la chaîne agit sur le balancier intermédiare au bout d'un rayon de $0^m,571$ mesuré à partir du pivot central et les bielles sont attachées à une distance de $0^m,114$ de ce même point.

En se servant de ces données, on trouve que la pression exercée sur la manivelle est multipliée par 57 ou 58 quand elle est transmise ou appliquée aux roues : le calcul est le suivant, en fonction des rapports :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Rapport de la manivelle à la chaîne. . . . . . . . . . . | 0,254 | à | 0,022 |
| Rapport du grand levier au petit. . . . . . . . . . . . | 0,571 | à | 0,114 |
| Rapport final. . . . . . . . . . . . . . . | 145034 | à | 2508 |
| Soit. . . . . . . . . . . . . . . . . . . | de 57 ou 68 | à | 41 |

Supposons que, dans une circonstance pressante un homme puisse exercer sur une manivelle un effort de $25^k,4$. L'équivalent statique de cette pression sur la manivelle est $(25^k,4 \times 57) = 1447^k,8$ sur les bandages des roues. C'est donc la force d'arrêt qu'on peut leur appliquer ; en supposant que le coefficient de résistance dû au frottement entre les roues et les patins soit le même que celui des rails et des roues, on voit que les dernières ne peuvent être enrayées par le moyen du frein alors même que le car, étant vide, son poids n'est que de 2 540 kil. Quand il a son complément de poids, sous forme de voyageurs, qui lui donne une charge de 1 524 kil. en plus, soit un pois total d'environ 4 064 kil., il est encore moins possible d'enrayer les roues à moins que le coefficient de frottement des sabots du frein ne soit plus considérable que celui des rails. C'est ce qui a lieu en pratique, car on enraye très-bien les roues au moyen du frein.

Une charpente en matériaux d'aussi faible échantillon que celle d'un car de tramway, avec des roues aussi rapprochées, de grands porte-à-faux et des places pour un poids considérable de voyageurs, a besoin

d'être consolidée à l'aide de tirants. Le bâti inférieur est renforcé, en forme de poutre armée, au moyen de barres de fer appliquées sous les siéges et fixées à l'aide d'écrous à leurs extrémités sous les semelles latérales ; des liens et étrésillons réunissent les plaques de garde et les longerons. Le toit lui-même, qui a la forme d'une arche incomplète pour porter les siéges d'impériale, doit être renforcé par une armature. Pour lui donner de la raideur, on a disposé de chaque côté un tirant en forme d'arc renversé, entre les extrémités de la caisse ; il s'attache sur les membrures du toit,

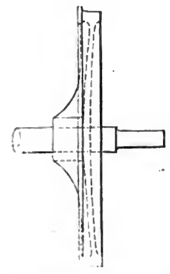


Fig. 106. — Roue pleine pour car et essieu. Échelle 1/16.

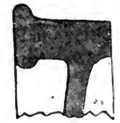


Fig. 107. — Roue pleine pour car. Section du bandage. Échelle 1/1

Le prix de ce car, disposé pour la voie irlandaise, est de 4 850 fr. l'usine. Un car de même capacité, pour la voie anglaise, vaut 4 812f,5 Dans chaque car, le poids est compté à 2 540 kil.

Les roues pleines ordinaires et les essieux employés par la Compagnie Métropolitaine, pour les cars de tramways sont représentés dans les *fig.* 106 et 107. Les roues sont écuantées intérieurement avec des nervures de renfort en arrière; elles ont 0m,762 de diamètre. Les moyeux ont 0m,114 de long; ils sont tout simplement entrés à force sur l'essieu, où ils restent fixés sans l'aide de clavettes. Le disque, ou partie pleine de la roue, a 0m,022 d'épaisseur au moyeu, il va en diminuant de manière à n'avoir plus que 0m,070 de largeur; ce qui comprend l'épaisseur du boudin 0m,013 et la largeur du tambour 0m,057. Le boudin fait une saillie de 0m,013 sur ce dernier; l'essieu a 0m,076 de diamètre entre les roues, et 0m,073 aux moyeux; les fusées ont 0m,051 de diamètre et 0m,140 de longueur.

# CHAPITRE III

## CAR A VOYAGEURS, SANS IMPÉRIALE, CONSTRUIT PAR LA COMPAGNIE DES CARS ET WAGONS DE STARBUCK

(Planche VIII)

---

Le car à voyageurs, pouvant contenir dix-huit voyageurs à l'intérieur et que représente la Pl. VIII est, dans son genre, un excellent modèle. La caisse a $4^m,267$ de long et $2^m,007$ de large, hors œuvre. La longueur libre intérieur est de $4^m,038$; ce qui, à raison de neuf personnes de chaque côté, donne pour chacune d'elles une largeur de $0^m,449$. Cette dimension est grande; car, dans les omnibus, on n'accorde que $0^m,406$. Le poids du car est de 1 574 kil., ce qui équivaut à 87 kil. par voyageur. La longueur totale du car, y compris les plates-formes, qui ont $0^m,914$ chacune, est de $6^m,096$; sa hauteur extrême au-dessus des rails est de $2^m,819$. La voie a $1^m,435$ de largeur.

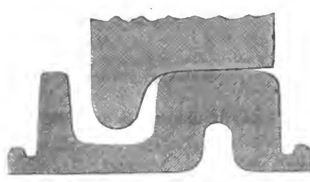


Fig. 108. — Section d'un bandage de roue du car Starbuck. Echelle 1/2.

Les roues, de $0^m,762$ de diamètre, sont en fonte trempée au tambour et au boudin; elles ont la section représentée dans la *fig.* 108; les essieux ont $0^m,076$ de diamètre et sont du meilleur fer de ramasse. Ils sont placés à une distance de $1^m,676$, d'axe en axe. Les ressorts de suspension sont en caoutchouc; — il y a deux blocs pour chaque boîte à graisse. Le frein est du même système que celui qu'on a déjà décrit pour un car de Dublin; mais ses proportions sont différentes. Ce sont les suivantes :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Rapport de la manivelle à la chaine. . . . . . . . . | $0^m,229$ | à | $0^m,025$ |
| Rapport du grand levier au petit. . . . . . . . . . . . | $0^m,610$ | à | $0^m,076$ |
| Rapport final. . . . . . . . . . . . . | 216 | à | 3 |
| Multiplication de la puissance. . . . . . . . . . . . | 72 | à | 1 |

Pour un effort de $25^k,4$ à la manivelle, l'effort statique équivalent sur les roues est de $(25,4 \times 72) = 1\,828^k,8$ ; — c'est une pression bien plus considérable (et pour un véhicule infiniment plus léger) que celle que nous avions trouvée pour le car de Dublin.

En un mot, les effets des leviers sont les suivants :

| *Car.* | Poids total à demi-charge. | Moment du levier. | Moment par tonne, en poids. |
|---|---|---|---|
| Métropolitain. . . . . . . . . . | 4468 kil. | 57 à 1 | 13,4 à 1 |
| Starbuck. . . . . . . . . . . . . | 3048 | 72 à 1 | 24,0 à 1 |

De pareilles variations en pratique font ressortir la solidité et la puissance plus grandes de résistance aux actions de l'enrayage pour les cars à toits solides, comparés aux toits interrompus et chargés de poids.

# CHAPITRE IV

## CAR A VOYAGEURS, A ESSIEUX CONVERGENTS DE M. JAMES CLEMINSON

Pour les tramways, presque autant que pour les railways, il est nécessaire, pour faciliter le passage des cars dans les courbes et réduire la résistance à la traction, que les essieux puissent se disposer suivant les rayons de ces courbes. Le système de M. Cleminson, qui se compose de trois essieux formant un ensemble de roues flexibles et à adaption automotrice, répond d'une manière satisfaisante aux conditions du problème. Les essieux, avec leurs boîtes à graisse, ressorts et plaques de garde, sont montés sur des trains indépendants, — un pour chacun d'eux. — Les trains extrêmes sont munis de pivots centraux sur lesquels ils tournent librement, tandis que le train du milieu est disposé de telle manière qu'il peut glisser transversalement. Les trois trains sont réunis ensemble par un bâti articulé, tel qu'ils agissent d'une manière automatique: de sorte que, lorsque la voiture ou le car quittant un alignement droit passe sur une courbe, les trains extrêmes se déplacent horizontalement en formant des angles avec l'axe central et prenant des positions qui les amènent à coïncider avec les rayons de la courbe. Au moyen d'un pareil système automoteur, le car roule librement dans la partie courbe.

Quand, inversement, le car passe d'une courbe sur une partie en alignement droit, les essieux reprennent leur parallélisme et le car roule alors tout naturellement suivant une ligne droite. Le mouvement automatique résulte de la translation de l'essieu du milieu et de son train dans le sens transversal sur la courbe; le mouvement latéral relatif de ce train milieu se communique aux parties voisines des trains extrêmes, en les faisant tourner sur leurs pivots et en donnant aux extrémités des essieux des positions convenables suivant les rayons des courbes.

L'expérience que M. Cleminson a acquise pour son système à « ensemble de roues flexible » a été fournie jusqu'ici, pour la plus grande partie, par le matériel roulant des chemins de fer. Quelques voitures de

première classe, construites suivant ce système par la compagnie de Londres, Chatham et Douvres (*fig.* 109), ont marché depuis un certain temps. On assure que l'une d'elle, après avoir parcouru 48 720 kilo-

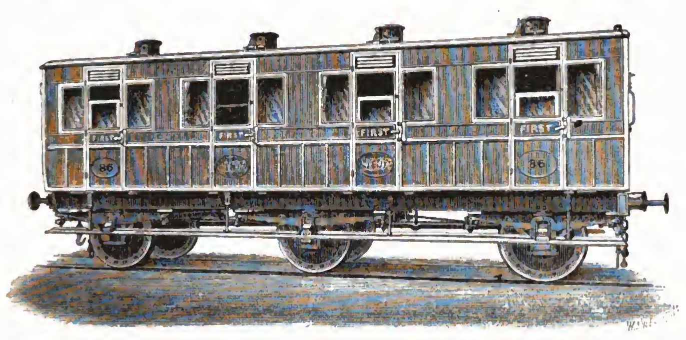



Fig. 109. — Voiture de chemin de fer, munie du système d'essieux convergents de M. Cleminson.

mètres, n'a présenté aucune trace sensible d'usure dans les boudins des roues, tandis que ceux des voitures ordinaires étaient réduits à l'état de lames minces après un parcours moitié moindre. Plusieurs wagons de chemin de fer (*fig.* 110) ont été construits d'après les mêmes principes.

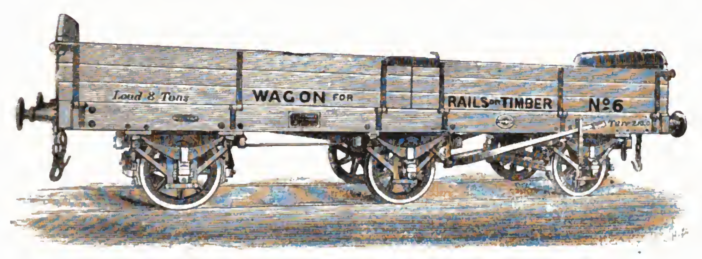



Fig. 110. — Wagon de chemin de fer muni du système d'essieux convergents de M. Cleminson.

Le système se prête facilement à l'augmentation de longueur et de capacité. Le wagon qui est représenté ci-dessus a la capacité de deux wagons ordinaires ; tandis que son poids est de 20 p. 100 moindre.

Le car de tramway à essieux convergents de M. Cleminson (*fig.* 111) est en service à Dublin et sur d'autres lignes. Les roues sont placées bien

loin les unes des autres sous la caisse du car et le mouvement de plongement, très-fréquent dans la marche des cars construits à la manière ordinaire avec les roues très-ramassées les unes près des autres, dispa-

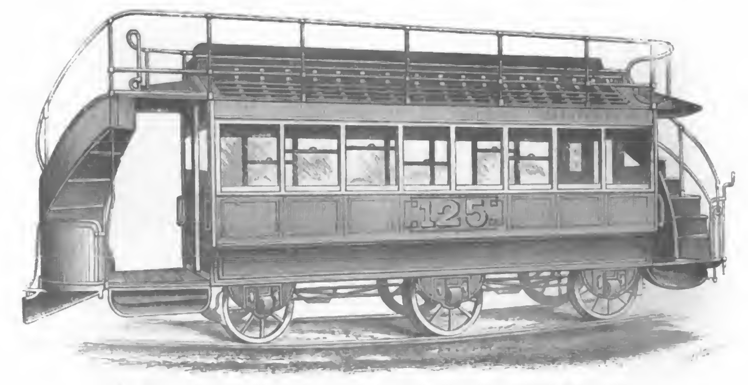



Fig. 111. — Car de tramway, muni du système d'essieux convergents de M. Cleminson.

raît complétement. Ce car peut contenir 18 voyageurs à l'intérieur et 20 au dehors : soit en tout 38 ; — son poids est de 2 286 kil., ce qui correspond à 60 kil. par voyageur.

# CHAPITRE V

## RESSORTS DE SUSPENSION

Les calculs sur la dépression des ressorts de la page 207 ne sont qu'une approximation grossière ; car la quantité, dont les ressorts se compriment ou fléchissent, diminue à mesure que le poids augmente. Par exemple, pour les ressorts de caoutchouc, en forme de tonneau, fabiqués par MM. Georges Spencer et $C^{ie}$ pour les cars de tramways : — hauteur $0^m$,178, diamètre au milieu $0^m$,111, diamètre aux extrémités $0^m$,073 ; — les dépressions ou réductions de hauteur pour des poids déterminés, ont été les suivantes :

RESSORTS EN CAOUTCHOUC DE MM. GEORGES SPENCER ET $C^e$.

| POIDS. | HAUTEUR totale. | DIAMÈTRE maximum. | RÉDUCTION de hauteur. |
|---|---|---|---|
| kil. | mèt. | mèt. | mèt. |
| 0 | 0,178 | 0,111 | » |
| 508 | 0,131 | 0,121 | 0,047 |
| 1 016 | 0,103 | 0,133 | 0,075 |
| 1 524 | 0,091 | 0,139 | 0,087 |
| 2 032 | 0,082 | » | 0,096 |

Pour un ressort semblable, sortant de la même manufacture, et qui avait $0^m$,178 de haut, $0^m$,138 de diamètre au milieu et $0^m$,098 de diamètre aux extrémités, les dépressions ont été les suivantes :

| POIDS. | HAUTEUR totale. | DIAMÈTRE maximum. | RÉDUCTION de hauteur. |
|---|---|---|---|
| kil. | mèt. | mèt. | mèt. |
| 0 | 0,178 | 0,138 | 0 |
| 508 | 0,139 | 0,149 | 0,039 |
| 1 016 | 0,121 | » | 0,057 |
| 1 524 | 0,107 | 0,168 | 0,071 |
| 2 032 | 0,096 | 0,174 | 0,082 |

Dans les dernières colonnes, les dépressions croissent moins rapidement que les poids; les montants de réduction de hauteur, par 1016 kil. de poids, sous des charges croissantes sont les suivants :

| POIDS. | DÉPRESSION PAR 1016$^k$ DE POIDS. | |
|---|---|---|
| | 1$^{er}$ ressort. | 2$^e$ ressort. |
| kil. | mèt. | mèt. |
| 0 | » | » |
| 508 | 0,092 | 0,076 |
| 1016 | 0,074 | 0,057 |
| 1524 | 0,057 | 0,047 |
| 2032 | 0,047 | 0,040 |

Sous un poids net de 5334 kil., huit de ces ressorts auraient à supporter chacun 667 kil.; ce qui correspondrait à une élasticité de 0$^m$,085 par tonne pour le premier ressort et d'environ 0$^m$,070 par tonne pour le second. Ces dépressions sont bien plus grandes que celles de la North British Rubber Company (page 207).

Il découle de ces résultats sur les abaissements des ressorts de M. Spencer que l'élasticité pour le poids de 2 tonnes est seulement la moitié de celle qu'on observe pour un poids n'excédant pas une demi-tonne. On voit aussi que la dépression est en raison inverse de la racine cubique de la quantité de matière contenue dans les ressorts. Car les diamètres des ressorts sont respectivement 0$^m$,111 et 0$^m$,138, dont les carrés sont dans le rapport de 2 à 3, et aussi dans le rapport des quantités de matière contenue dans les ressorts. Mais les dépressions sous des poids 2032 kil. sont 0,047 et 0,040 ; et 0,047 : 0,040 :: $\sqrt[3]{3} : \sqrt[3]{2}$, c'est-à-dire que les racines cubiques de 2 et 3 sont inversement proportionnelles à 0,047 et 0,040.

De plus, comme les quantités de matière contenue dans les ressorts (qui sont de même hauteur) sont proportionnelles aux carrés des diamètres, les dépressions sont inversement proportionnelles aux racines cubiques des carrés des diamètres, c'est-à-dire aux puissances 2/3 du diamètre.

La propriété que présentent les ressorts de caoutchouc de résister davantage à la compression à mesure que la charge augmente, donne lieu à des objections dans les conditions ordinaires; car elle donne momentanément plus d'intensité à l'effort résistant opposé aux oscillations du car en avant et en arrière. Sous ce rapport, elle présente un contraste peu avantageux avec les ressorts laminés ordinaires, dont la flexion croit

proportionnellement au poids dont on les charge. Mais dans les conditions actuelles des cars de tramways, placés sur des essieux très-rapprochés, avec des masses considérables en porte à faux à chaque extrémité, l'accroissement de la rigidité des ressorts, quand la pression augmente, a un effet puissant pour combattre les oscillations du car de l'avant en arrière et pour en réduire l'étendue.

Les « ressorts à boudin avec partie centrale en caoutchouc » fabriqués par MM. L. Sterne et Cie présentent un moyen terme entre l'augmentation uniforme et l'augmentation accélérée de résistance sous l'influence de poids croissants. Une couple de ces ressorts, du modèle C applicable au matériel de tramways, fléchit de 0m,036 sous un poids de 1813 kil., ce qui équivaut à 0m,020 par 1000 kil. La table ci-dessous pour les flexions et les poids, basée sur les résultats d'expériences faites par M. Kirkaldy, fait ressortir le moyen terme dont on a parlé et montre que l'augmentation de rigidité est bien moindre que quand les ressorts sont entièrement en caoutchouc. Chaque ressort se compose d'une partie centrale en caoutchouc de 0m,051 de diamètre et d'un ressort à boudin en acier, ayant 0m,076 de diamètre extérieur; le fil d'acier qui le compose a 0m,014 de diamètre et fait 8 tours 1/2 sur une hauteur de 0m,203.

| COMPRESSION ou flexion. | CHARGE. | FLEXION TOTALE par 1016k de charge. |
|---|---|---|
| mèt. | kil. | mèt. |
| 0,0112 | 453 | 0,0250 |
| 0,0202 | 906 | 0,0227 |
| 0,0290 | 1 359 | 0,0217 |
| 0,0367 | 1 812 | 0,0205 |
| 0,0432 | 2 265 | 0,0192 |
| 0,0472 | 2 718 | 0,0177 |
| 0,0510 | 3 171 | 0,0162 |

Il est à remarquer que si la rigidité du ressort Sterne croît moins rapidement que celle du ressort Spencer, le premier est, en fin de compte, beaucoup plus rigide que le second.

# CHAPITRE VI

## ROUES DE CARS

On emploie pour les cars de tramways des roues en fonte, trempées au pourtour, qui sont fabriquées en Amérique. On se sert d'une certaine espèce de fer au charbon qui se cristallise et se trempe jusqu'à une distance vraiment remarquable dans le grain de fer; la fonte est adoucie avec le plus grand soin après que les roues ont été fondues. Sur les tramways de Londres, ces roues de cars durent quatorze mois et parcourent de 35 405 à 40 233 kilomètres. Neuves, elles pèsent environ 97 kil.; elles perdent de 6 à 7 kil. de leur poids par l'usure — surtout par l'action du frein. — Elles manquent par la rupture des boudins.



Fige 112. Roue Handyside pour car.

La roue Handyside (*fig.* 112), qui a été employée avec succès pour le matériel roulant des chemins de fer, se prête également bien au matériel des tramways. Elle se compose de trois parties — le bandage, le moyeu et une couple de disques qui réunissent le moyeu au bandage. Celui-ci est en acier ou en fonte trempée; le moyeu est en fer forgé ou en acier, et porte quatre bras dirigés suivant des rayons. Les disques sont en acier fondu; ils sont écuantés et retournés intérieurement près de leurs circonférences intérieures et extérieures. Quand ils sont réunis ensemble, leurs bords embrassent le bandage et le moyeu suivant des rebords ou lèvres qui leur correspondent, tandis que dans leur milieu ou sur la circonférence moyenne ils se rapprochent très-près des quatre bras, mais sans les toucher. Ils sont tenus ensemble par des boulons également répartis autour du moyeu et qui traversent deux

rondelles ayant la forme de bandes circulaires placées dans la partie creuse des disques; et comme ils ne se touchent pas, ils sont placés dans une condition particulière de tension élastique, tandis qu'ils maintiennent en même temps le bandage et le moyeu dans leurs positions respectives. Cette roue a été bien mise à l'épreuve sur le *Caledonian Railway*, et a donné des preuves satisfaisantes de sa solidité et de sa durée.

M. C.-L. Light construit des roues qui se composent d'un moyeu et d'un disque en fonte d'une seule pièce et d'un bandage en acier ou en fer. Le disque présente des stries radiales qui ont une légère inclinaison dans le plan de la roue, ce qui les rend un peu serpentines. Ces stries reposent sur le bandage suivant un contour sinueux et lui fournissent un appui continu. La roue est, par sa forme même, élastique et cependant bien résistante.

---

# CHAPITRE VII

## CARS DE TRAMWAYS FRANÇAIS.

(PLANCHE IX.)

Le « car d'hiver » projeté et construit par M. Léon Francq, pour les tramways de l'Arc de Triomphe de l'Étoile à la porte Maillot, donne place à quatorze voyageurs dans l'intérieur et à sept qui se tiennent debout sur chaque plate-forme; en tout à 28 personnes. Le poids du car vide est de 1 595 kil.; avec les voyageurs, il est de 3 413 kil.

| | |
|---|---|
| Longueur totale extrême. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 5m,80 |
| Longueur de la caisse. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 3m,60 |
| Longueur de chaque plate-forme. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1m,10 |
| Longueur en dedans. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 3m,50 |
| Espace par voyageurs. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0m,50 |
| Largeur transversale des siéges. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0m,43 |
| Hauteur des siéges.. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0m,49 |
| Largeur du passage, entre les siéges. . . . . . . . . . . . . . . | 0m,85 |
| Largeur de la caisse, au dehors. . . . . . . . . . . . . . . . . | 2m,00 |
| Largeur des portes. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0m,60 |
| Hauteur des portes.. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1m,80 |
| Hauteur maxima à l'intérieur.. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 2m,07 |
| Diamètre des quatre roues. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0m,71 |
| Distance des essieux, d'axe en axe.. . . . . . . . . . . . . . . | 1m,60 |

Avec des dimensions aussi spacieuses, ce car ne pèse que 57 kil. par voyageur, ou environ 4 p. 100 de plus que le car à intérieur et impériale, que nous avons décrit à la page 203 et suivantes. La caisse est construite comme celle d'une voiture ordinaire, avec des liens transversaux en fer à double T. Les panneaux et les tabliers des plates-formes sont en tôle vernie. Les ressorts étaient primitivement construits suivant le système Belleville, et se composaient de plateaux courbes en acier, enfilés sur une broche; mais ils ont été remplacés par des ressorts or-

dinaires en caoutchouc, semblables à ceux qu'on a décrits plus haut, et qui ont 0$^m$,203 de haut et 0$^m$,102 de diamètre en leur milieu. Le frein, du système Stéphenson, agit sur toutes les roues. Le prix du car livré est de 4 500 fr.

En palier, sa résistance à la traction varie de 6 à 10 kil. par 1 000 kil., suivant l'état de la voie, et à une vitesse de 12 à 13 kilomètres à l'heure.

Le « car d'été », projeté par M. Francq, présente à peu près les mêmes dimensions principales que le car d'hiver, et peut contenir le même nombre de voyageurs à l'intérieur et sur les plates-formes. Les côtés et les extrémités sont ouverts au-dessus des siéges, mais ils sont munis de rideaux. Le car vide pèse 1 392 kil., c'est-à-dire à peu près 50 kil. par voyageur. Il est livré au prix de 4 000 fr.

La Compagnie générale des Omnibus emploie de grands omnibus (Planche IX) pour les voyageurs d'intérieur et d'impériale, sur les boulevards extérieurs et sur la ligne de l'Étoile à la Villette. Il y a place pour vingt personnes en dedans, vingt-deux sur l'impériale et six sur la plate-forme; soit, en tout, pour quarante-huit voyageurs. La caisse a 5 mètres de long; la plate-forme, située à l'arrière, fait saillie de 1$^m$,47 sur la caisse; le marchepied avance encore de 0$^m$,18; le siége du cocher en tête avance de 1$^m$,10 au-devant de la caisse. La longueur totale du véhicule est de 7$^m$,57. La largeur accordée pour les siéges à l'intérieur est de 0$^m$,48; sur l'impériale, elle est de 0$^m$,44. La largeur de la caisse est de 2 mètres hors œuvre. A l'extrémité, il y a un escalier qui conduit à l'impériale et des marches en dehors de la plate-forme. La caisse est portée par un bâti en bois, monté sur quatre roues de 1 mètre de diamètre et distantes de 2$^m$,40, d'essieu à essieu. Les roues d'un côté du car ont des boudins et sont clavées sur l'essieu; celles de l'autre côté ont des bandages plats et sont folles sur leurs essieux. Les roues d'avant sont montées sur un train mobile auquel sont attelés deux chevaux; il tourne autour d'une cheville ouvrière et permet de passer aisément dans les courbes. Le car repose sur des ressorts en acier laminé qui ont 1 mètre de portée. Un frein, mu par le cocher, peut agir sur les roues de derrière. Ces cars roulent aisément et leur résistance à la traction est bien moindre que celle des cars ordinaires de tramways. Le poids du car vide est de 3000 kil., ce qui équivaut à 62$^k$,5 par voyageur. Quand il est chargé il pèse de 6100 à 6600 kil. Ce car, construit dans les ateliers de la Compagnie, coûte 6500 fr.

Les cars des Tramways-Nord n'ont que des places d'intérieur assises; ils peuvent contenir seize personnes à l'intérieur et seize debout sur les plates-formes; soit trente-deux en tout. Vides, ils pèsent 1 650 kil., soit

environ 50 kil. par voyageur; quand ils sont chargés, leur poids est de 4500 à 4800 kil.

Les cars des Tramways-Sud contiennent seize places d'intérieur, douze sur les plates-formes et dix-huit à l'impériale; en tout quarante-six places. Vides, ils pèsent 2235 kil., soit 46k,5 par voyageur; en charge, leur poids varie de 5100 à 5300 kil.

Chaque car est mené par huit, dix ou douze chevaux; chaque paire fait un trajet de 16 kilomètres par jour. Les cars parcourent journellement de 85 à 90 kilomètres.

# CHAPITRE VIII

## CAR REVERSIBLE DE EADE

Le car de Eade, breveté en 1877, a été récemment (Octobre 1877) mis en circulation sur les tramways de Salford par la Compagnie des voitures de Manchester. Le principal objet qu'on a eu en vue en imaginant ce car, a été d'obvier à la nécessité où l'on est d'enlever la barre d'attelage et le timon et de les reporter à l'autre bout du car quand on arrive au terminus, besogne qui est effectuée par une équipe d'hommes connus sous le nom de changeurs de timons. La caisse du car est rendue mobile autour du point central du bâti inférieur et peut être tournée bout à bout, les chevaux restant attelés et le cocher sur son siége. Elle est maintenue en position fixe par un simple verrou. Il n'y a qu'une entrée à l'une des extrémités; deux escaliers, un de chaque côté de l'entrée, mènent à l'impériale. Il y a trois marches pour monter sur la plateforme; c'est une de plus que d'habitude, parce que la caisse est plus élevée. Les fenêtres sont aussi placées plus haut que d'ordinaire; on considère qu'elles offrent plus de sécurité. Le cocher occupe un siége élevé, en avant.

La caisse tient seize personnes à l'intérieur et dix-huit à l'impériale, en tout trente-quatre voyageurs. Elle a 3$^{m}$,657 de long et 1$^{m}$,981 de large, hors œuvre. Elle a 3$^{m}$,505 de long à l'intérieur, ce qui donne 0$^{m}$.438 par place. La longueur totale, depuis le bout du garde-crotte jusqu'à l'extrémité de l'escalier, est de 5$^{m}$,334. Le car est porté par quatre roues de 0$^{m}$,762, construites avec moyeu en fer, rais et jantes en bois, et bandage d'acier à boudin. Sur chaque essieu il y a une roue qui est folle, et l'on assure que la traction est sensiblement facilitée par la liberté additionnelle de mouvement qu'on se procure ainsi. Les ressorts sont en acier laminé comme ceux des omnibus. Chaque roue est munie d'un sabot de frein, en bois, attaché par quatre boulons en fer de 0$^{m}$,025 qui s'appuient

sur la roue comme le bois. Il paraît prouvé que ce système, bois et fer, donne plus d'adhérence que le bois ou le fer seul.

Le poids du car vide est de 1 727 kil., soit 50$^{k}$,8 par voyageur (pour trente-quatre voyageurs). On n'a pas encore atteint un chiffre aussi bas dans aucun des autres cars anglais de même capacité. Cette légèreté comparative est due à l'emploi d'un bâti en pièces de petit échantillon, de roues en bois et d'essieux de moindres dimensions.

On annonce que l'emploi du car reversible procure une économie de plus de 30 p. 100 sur la cavalerie; parce qu'il peut être desservi par une écurie de huit chevaux d'une manière aussi complète qu'un car ordinaire avec douze. On construit actuellement, pour le service, d'autres cars du même modèle.

---

une certaine mesure, elle est surchauffée avant d'être émise au dehors. On n'a pas pris d'autres précautions pour rendre invisible la vapeur ainsi expulsée; elle sort tout simplement à l'extrémité du car, sous le

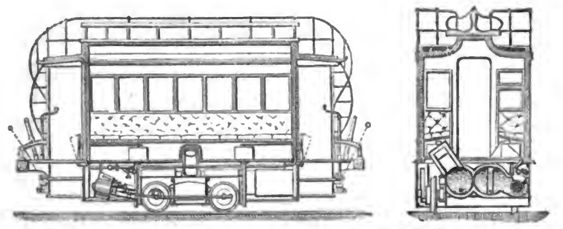


Fig. 119-120. — Car à vapeur, à eau chaude, de M. L. J. Todd, 1875. Échelle environ 1/96.

toit. La caisse du car a 4$^{m}$,267 de long et 2$^{m}$,134 de large en tout; sa longueur extrême jusqu'au bout des tampons est de 6$^{m}$,858. Il y a deux rangées de siéges à l'impériale; le poids du car, en état de service, est de 6600 kil.

### Bède.

MM. Bède et C$^{ie}$, de Belgique, ont construit en 1875 un car à vapeur à eau chaude suivant les instructions de la Société générale des Tramways. Les réservoirs consistent en quatre petits cylindres horizontaux placés sous les siéges et deux cylindres verticaux placés dans des espaces fermés, un de chaque côté du car, et laissant dans l'intérieur un passage entre les compartiments de première et de seconde classe. La vapeur, dégagée à la partie supérieure des cylindres verticaux, descend aux cylindres par un tuyau qui passe au travers de l'eau chaude. Il y a trois cylindres de 0$^{m}$,114 de diamètre, avec une course de piston de 0$^{m}$,361, reliés par un arbre à triple manivelle avec des roues de 0$^{m}$,711. Ils sont munis d'un levier de changement de marche. L'arbre des manivelles est placé sous le milieu du car qui, dans l'origine, avait deux autres essieux portant des roues de 0$^{m}$,508, folles sur l'essieu. Une de ces paires de roues a été enlevée et les roues de l'autre ont été fixées sur l'arbre. Mais elles ne sont pas couplées. Le réservoir contient 1$^{mc}$,415 d'eau chauffée à 140° centigrades, pour avoir une pression effective de 10 atmosphères ou de 11$^{k}$,390 par centimètre carré. La réserve de chaleur est suffisante pour durer 30 minutes à la vitesse ordinaire des tramways, avec une

charge de 1 625 kil. Le car franchit facilement des courbes de 12m,192 de rayon et monte une rampe de 1 sur 28 avec une pression de 4 atmosphères et demie, ou de 4k,640 par centimètre carré. Il s'arrête et repart rapidement et sans choc. La vapeur d'échappement est envoyée dans une chambre disposée de manière à en séparer l'eau, et le bruit qu'elle fait en sortant est à peine perceptible (1).

D'après des renseignements récents, il paraît que cette machine a travaillé journellement avec régularité et succès, en Belgique (2). Le chargement du réservoir est renouvelé toutes les deux heures et s'effectue en un quart d'heure. Les cylindres qui constituent le réservoir sont enveloppés d'une chemise isolante. Une bâche remplie d'eau froide, sert à condenser la vapeur évacuée; il y a maintenant, paraît-il, quatre cylindres moteurs, — deux à chaque extrémité, — qui sont tous mis en action pour gravir la rampe la plus raide, dont on a déjà parlé. En palier, la vitesse atteint 16 kilomètres à l'heure. Pour le graissage, on emploie le suif, afin d'éviter l'odeur d'huile. Les leviers de conduite et autres sont en double; il y a un système à chaque bout du car. La machine est sur le point (Septembre 1877) de subir plusieurs modifications pour perfectionner la disposition du mécanisme.

## Merryweather.

MM. Merryweather et fils, que leur longue et heureuse pratique de la construction des pompes d'incendie à vapeur mettait à même de se rendre bien compte des besoins et des exigences spéciales des locomotives légères destinées au service des tramways, se sont trouvés de bonne heure lancés dans les projets et la construction des machines de tramways. On a déjà mentionné que leur maison a fourni le mécanisme du premier car à vapeur fait pour les tramways en Angleterre, en 1872, suivant les projets de M. Grantham. Ils ont pris, en Avril 1875, leur premier brevet pour les machines de tramway de leur invention. Les premières machines de ce système, construites par eux, leur avaient été commandées par M. G.-P. Harding, pour exploiter dans Paris une ligne, longue de 7 240 mètres, entre la Bastille et la gare Montparnasse. La première a commencé à fonctionner vers le mois de Novembre 1875 et maintenant (Janvier 1878) il y a 36 machines Merryweather en service

(1) Ces détails sont empruntés à M. Spée.
(2) *The Foreman Engineer et Draughtsman*. Septembre 1857, p. 138.

régulier sur cette ligne. Il y en a aussi 10 sur la ligne de la Bastille à Saint-Mandé. On a tout naturellement apporté beaucoup de perfectionnements dans les dispositions et la construction de ces machines. Primitivement, une portion de la vapeur d'échappement était envoyée dans le cendrier; elle passait au travers du feu pour s'y surchauffer, et pour que, se mélangeant avec l'autre partie directement lancée dans la cheminée, elle en diminuât la visibilité.

Dans leurs dispositifs plus récents, MM. Merryweather traitent la vapeur d'échappement dans un appareil « auto-absorbant »; c'est un arrangement simple où celle-ci est condensée au moyen d'eau froide. Dans ce qui suit, nous décrirons complètement leur locomotive, en tenant compte des derniers perfectionnements qu'elle a reçus.

### Hughes.

Enfin, au commencement de 1876, M. Henry Hughes a construit aussi une locomotive de tramway. « Le résultat de mon expérience, dit-il dans sa déposition comme témoin devant la Commission de l'application de la force mécanique aux tramways, c'est que j'ai produit une machine du type ordinaire des locomotives, qui peut fonctionner sans laisser échapper de vapeur, qui pratiquement ne fait pas de bruit, et dans laquelle on peut entretenir la vapeur sans soufflerie; elle ne produit pas de fumée, parce que nous employons le coke comme combustible. Elle est recouverte comme un car ordinaire, et par conséquent n'effraye pas plus les chevaux que ne le fait une voiture ordinaire. » Telles sont, en peu de mots, les conditions de succès de la traction mécanique sur les tramways. Les moyens de condenser la vapeur d'échappement, qui constituent la propriété nouvelle de la machine, ont fait l'objet d'un brevet pris par M. Hughes, en Janvier 1876. Chaque bouffée de vapeur envoyée par les cylindres est automatiquement condensée à sa sortie du tuyau d'échappement par une gerbe d'eau froide, lancée en quantité déterminée au moment de l'échappement. La vapeur, arrivant par une branche du tuyau de sortie, ouvre une soupape à l'extrémité de cette branche et s'échappe dans une petite caisse, le condenseur. La même impulsion fait ouvrir une soupape au fond de la bâche à eau; cette soupape, qui est reliée avec celle de la sortie de vapeur, se meut en même temps qu'elle, s'ouvre et envoie de l'eau dans le condenseur. La vapeur d'échappement est condensée par l'eau; un vide partiel se produit, et la soupape d'admission de l'eau se ferme en raison de la pression extérieure. Le mélange résultant, qui se compose d'eau chaude, est envoyé,

à la température de 76°,6 centigrades, dans une bâche destinée à le recevoir. A cette température, il n'y a pas de vapeur visible qui se dégage de cette eau. Quand la température dépasse 82°, il s'échappe une certaine quantité de vapeur visible. On tire de la dernière bâche la quantité d'eau nécessaire à l'alimentation de la chaudière; le reste de l'eau chaude est répandue pendant le trajet ou à la fin de la course. On estime qu'en palier on consomme de 70 à 85 litres d'eau de condensation par kilomètre. On fait le feu au commencement du voyage et l'on n'y touche plus pendant le trajet. Suivant M. Hughes, un feu peut durer pendant un parcours de 16 kilomètres sans qu'on y ajoute de nouveau combustible.

Le premier essai public de la locomotive de tramways de M. Hughes a été fait, le 27 Mars 1876, sur les tramways de Leicester. On a parcouru une distance de 6k,500, sur une partie de laquelle se trouvait une pente de 1 sur 22. La machine avait deux cylindres de 0m,152 de diamètre, avec une longueur de course de 0m,305; ils agissaient directement sur quatre roues couplées de 0m,61 de diamètre, portées sur des essieux distants de 1m,22. La chaudière, semblable à celle des locomotives, avait 11mc,14 de surface de chauffe. L'ensemble de la chaudière et du mécanisme était renfermé dans une construction en bois ressemblant à un fragment de car de tramway; les roues et les bielles étaient cachées par des plaques de fer. La cheminée traversait le toit du car, et sa longueur suffisait pour donner le tirage naturel nécessaire à la production de la vapeur; celle-ci était entretenue à une pression d'environ 8k,437 par centimètre carré. Le foyer était muni d'une quantité de combustible suffisante pour durer un jour. La quantité d'eau de condensation transportée était de 1 363 litres. Nous avons dit que c'était assez pour un parcours d'environ 10 kilomètres, en rampe, par un temps froid. Le poids du car à vapeur, en état de service, était d'environ 5000 kilog.

La locomotive était accouplée à un car à un cheval, construit pour tenir 16 places à l'intérieur. Durant l'expérience, il portait 25 personnes et son poids total, en y comprenant son chargement, devait être d'environ 3500 kilog.; ce qui donnait pour le train un poids brut d'environ 8500 kilog. La vitesse atteignait en général environ 13 kilomètres à l'heure; une ou deux pentes un peu raides sur les ponts ont été remontées aisément à une vitesse moindre. Pendant tout le voyage, il n'y eut pas d'échappement visible de vapeur, excepté dans une seule occasion en remontant une forte rampe; on vit sortir un peu de vapeur qui disparut rapidement (1).

(1) Les détails de cette épreuve sont tirés de l'*Engineer*, 31 mars 1876, p. 232.

D'après M. Hughes, la même machine a été employée tous les jours pendant quelques semaines sur la ligne de Leicester pour faire un service de voyageurs. La vitesse moyenne était de 9 kilomètres et demi à l'heure.

Les machines de M. Hughes ont aussi été expérimentées sur les tramways d'Édimbourg, de Sheffield et sur ceux de la vallée de la Clyde, à Glascow. L'exploitation de cette dernière est faite au moyen de la vapeur, en vertu d'un traité passé avec M. Hughes au commencement de 1877. Les locomotives, au nombre de six, pèsent vides 4826 kilog., et 6096 kilog. avec leur combustible et leur eau. Elles marchent à une pression qui peut monter à 10$^{k}$,546 par mètre carré; mais la pression moyenne varie de 7$^{k}$,031 à 8$^{k}$,437. D'après l'expérience qu'on a déjà acquise de la manière dont se comportent ces machines à Glascow, on a estimé que, pour un parcours de 112$^{k}$,6 par jour, la dépense par machine, pour combustible, huile, eau, surveillance et conduite, monte à environ 0$^{f}$,143 par kilomètre parcouru.

### Usine de locomotives de Baldwin.

Pour en revenir à l'Amérique, un car à vapeur a été construit, en 1875, à l'usine de locomotives de Baldwin; il a été mis en service, comme expérience, sur le tramway d'Atlantic-Avenue, à Brooklyn, pendant les six premiers mois de 1876. Pendant ce temps il a été mené et maintenu en état par un mécanicien; il consommait de 1$^{k}$,985 à 2$^{k}$,268 de charbon par kilomètre parcouru. Soir et matin il menait en outre un car à voyageurs, de et à New-York. Dans quelques cas, on obtint une vitesse de 26 à 29 kilomètres à l'heure. En Juin 1876, le car à vapeur a été transporté à Philadelphie, où il a été mis en service sur la ligne de Market Street, à peu près jusqu'à la date de la clôture de l'Exposition. Il était construit avec des cylindres placés sous la caisse, qui étaient reliés à un arbre à manivelle, actionnant les roues antérieures. Les roues de derrière étaient libres. Le mécanisme était fixé sur une table en fer boulonnée sur le bâti en bois du car. Mais on trouva que ce mode de construction donnait lieu à des critiques, parce que la caisse n'était pas assez solide pour cela. L'arbre de la manivelle était aussi sujet à se briser de temps en temps.

Aussi, à la fin de 1876, ce car à vapeur fut renvoyé aux ateliers de la Compagnie pour y être refait. On construisit un châssis en fer sur lequel on fixa une chaudière verticale et le mécanisme, indépendamment de la caisse du car qui y fut réunie au moyen de boulons; on employait des cylindres horizontaux extérieurs. De cette manière on pouvait uti-

liser le matériel de cars existants ; il suffisait de fixer les caisses sur un châssis de machine disposé pour les recevoir et les porter. Le robinet d'admission était placé tout contre les cylindres : c'est une bonne idée, qui donne l'avantage d'arrêter et de remettre la machine en marche d'une manière très-rapide. Le car était porté sur des ressorts de caoutchouc, avec pièces transversales égalisant la charge ; le mouvement était doux : on n'éprouvait aucune secousse due à l'action du mécanisme. La chaudière était en acier, à double rivure, et avait été calculée pour supporter sans danger une pression de $21^k,09$ par centimètre carré. Mais il suffisait d'une pression de $6^k,328$ pour faire mouvoir le car chargé sur les rampes les plus raides de la ligne de Market Street ; ces rampes, qui sont d'environ 1 sur 22, étaient remontées sans arrêt et sans qu'on ait besoin de demander du renfort. Le car à vapeur ainsi reconstruit, et qu'on a nommé le Baldwin, a été réinstallé sur le tramway de Market Street, le 21 Mars 1877 ; le 18 Avril il avait marché régulièrement pendant quatre semaines, en parcourant 141 kilomètres par jour et travaillant les sept jours de la semaine.

La quantité de combustible (charbon) consommée par ce car montait à 2 245 kilog. pendant sept jours, pour un parcours de $(141 \times 7) = 971$ kilomètres ; soit $2^k,286$ par kilomètre parcouru. Le car n'a demandé aucune réparation pendant ce service de quatre semaines. La dépense journalière, en y comprenant le montant approximatif de l'entretien et les intérêts, s'établit comme il suit :

CARS A VAPEUR BALDWIN.

DÉPENSE POUR LE SERVICE JOURNALIER D'UN CAR A VAPEUR.

| | |
|---|---|
| Charbon, 141 kilom. à $2^k,286$, soit 322 kil. à $20^f,85$ les 1 000 kil. | $6^f,50$ |
| Huile, graisse, &c. | 1 ,35 |
| Gages des machinistes, 16 heures à $1^f,30$. | 20 ,80 |
| Réparation et entretien du car et du mécanisme. | 5 ,20 |
| Dépense d'exploitation. | $33^f,85$ |
| Intérêt journalier du prix de la machine, 15 625 à 6 p. 100 par an. | 2 ,55 |
| Dépense totale par jour ($0^f,258$ par kilomètre parcouru) | $36^f,40$ |

La compagnie Baldwin a aussi construit une locomotive de tramway, qui a des chaudières et cylindres de même capacité que le car à vapeur et qui sont montés sur un bâti en fer. En y comprenant les bâches à eau, son poids total est de 5 443 kil. L'ensemble de ces masses est à l'intérieur de la base que forment les roues ; les mouvements de balancement et de plongement sont ainsi évités. Une locomotive de ce genre a été construite en 1876 pour le *Citizen's Railway* de Baltimore, où les rampes maxima sont de 1 sur 14,3. Elle peut mener un car dans les

rampes, mais elle n'a pas la puissance nécessaire pour en traîner deux. Une seconde machine pesant environ 7315 kil. a été terminée et livrée en Décembre 1876. Par des ouragans de neige très-violents, elle remontait la rampe maxima en traînant un car renfermant 100 voyageurs, alors que la voie était couverte par places d'une couche de neige et de boue, ayant une épaisseur de $0^m,20$ à $0^m,25$. Elle pouvait facilement remorquer un car pour lequel il aurait fallu quatre chevaux. Par des temps meilleurs, elle marchait régulièrement en remontant deux cars sur la rampe.

Pour qu'on puisse comparer, nous donnons ici la dépense de traction des cars par des chevaux, en nous basant sur les comptes rendus des différentes compagnies de tramways de Philadelphie :

CARS A CHEVAUX, A PHILADELPHIE.

DÉPENSE JOURNALIÈRE POUR UN CAR A DEUX CHEVAUX.

| | |
|---|---|
| Acquisition d'un car. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | $5300^f,00$ |
| — de 9 chevaux à 140 dollars, ou $742^f$ l'un. . . . . . . . . . . | 6678 ,00 |
| Nourriture et dépense d'écurie (nourriture, paille, palefreniers, etc.), de 9 chevaux à 46 cents l'un, ou $2^f,40$ l'un. . . . . . . . . . . . . . . . | 21 ,60 |
| Ferrure de 9 chevaux, à 6 cents, ou $0^f,31$. . . . . . . . . . . . . . . . | 2 ,80 |
| Entretien des harnais de 9 chevaux, à 2 cents, ou $0^f,103$. . . . . . . . . | 0 ,93 |
| Entretien de 9 chevaux à 33,5 p. 100 pour dépréciation équivalant par jour pour 9 chevaux à. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 6 ,00 |
| Entretien du car. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 2 ,10 |
| Gages du conducteur. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 9 ,10 |
| Intérêt journalier du prix du car et des 9 chevaux, à raison de 6 p. 100 par an. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 ,90 |
| Total. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | $44^f,43$ |

Cette somme, comparée à celle qu'on a trouvée plus haut pour l'exploitation du car à vapeur, montre une différence de $8^f,03$ par jour ou de 18 p. 100 comme réduction sur la dépense de traction par les chevaux.

### Ransom.

Le car à vapeur de M. Louis Ransom est construit de telle manière que le mécanisme peut facilement s'adapter aux cars existants. On remplace une paire de roues ordinaires par des roues motrices montées sur un essieu à double manivelle (commandé par deux cylindres intérieurs; le mécanisme est placé horizontalement sous le plancher. Les deux cylindres sont fondus en une seule pièce réunie à l'essieu moteur au moyen de trois barres qui ont leur point d'appui sur l'essieu et forment le châssis de la machine. Le mécanisme des tiroirs se compose d'une

coulisse à détente variable, oscillant sur un pivot en son milieu et commandée par deux excentriques. La tige du tiroir est reliée à la coulisse par une barre radiale qu'on déplace verticalement pour renverser la vapeur et changer le degré de détente. L'extrémité antérieure du châssis de la machine est portée par un anneau fixé au fond de la caisse. Grâce à cette disposition, la machine est suspendue par trois points et s'enlève facilement quand il faut la réparer. Pour les réparations de peu d'importance, elles se font en détachant simplement l'extrémité antérieure du châssis de la caisse et en le laissant pendre sous l'essieu à manivelles. Pour les besoins généraux, la machine est accessible par des trappes ménagées dans le plancher. Elle est enfermée dans une caisse si bien imperméable à la poussière que, même après avoir fonctionné tout le jour dans les rues poudreuses, elle ne présente pas la moindre trace de poussière et n'est couverte que des quelques gouttes d'eau qui proviennent de la condensation de la très-petite quantité de vapeur qui s'échappe par les boîtes à étoupes. La chaudière est placée un peu en avant de l'essieu de tête. La bâche à eau est sous le plancher à l'arrière; la caisse, pour les voyageurs, se trouve à peu près divisée également en avant et en arrière de l'essieu de derrière. Pour amortir le bruit de l'émission, la vapeur est forcée de passer dans une boîte remplie de boules ou de galets.

La caisse du car a $4^m,877$ de long et contient des siéges pour 22 personnes. La longueur de la base formée par les roues est de $2^m,134$; c'est une dimension plus grande que d'ordinaire, mais le car a bien plus de stabilité quand il roule. On dit qu'il éprouve moins de secousses, quand il passe sur les parties dures ou mal nivelées de la ligne, quoique la résistance dans les courbes soit plus grande que quand la base a moins d'étendue. Les cylindres ont $0^m,133$ de diamètre avec une course de $0^m,381$. La chaudière est verticale; elle a $0^m,940$ de diamètre et $1^m,422$ de hauteur; elle est fabriquée d'une feuille de fer au charbon n° 1 martelé; elle renferme 300 tuyaux à fumée, de $0^m,031$ de diamètre et de $3^m,657$ de long, qui donnent une surface de chauffe de $10^{mq},77$ pour une surface de grille de $0^{mq},60$. La pression dans la chaudière est de $8^k,437$ par centimètre carré; la pression d'épreuve avait été de $14^k,062$ par centimètre carré. Le dôme de la vapeur a 26 fois la capacité d'un des cylindres de la machine. Le car est muni d'un frein à vapeur ayant un cylindre de $0^m,088$ de diamètre et une course de $0^m,203$. La tige du piston se termine par une crémaillère qui engrène sur un secteur denté rattaché à des leviers articulés qui forcent les rabots du frein à agir sur les arêtes intérieures des roues. La soupape d'admission de la vapeur dans le frein est ouverte par le même mouvement qui ferme le régulateur.

En Janvier 1876, un des cars à vapeur Ransom, construit par MM. Gilbert, Bush et Cie, de Troy, N. Y. a été placé sur le tramway de Coney Island, long de 7 241 mètres, où il a parcouru 130 kilomètres par jour pendant cinq mois. Le double voyage de 14kilm,5, s'effectuait en 40 minutes, à une vitesse brute moyenne d'environ 22 kilomètres à l'heure. Après chacun de ces voyages, le car était au repos pendant 50 minutes. La quantité de charbon consommée par jour, comme combustible, était de 272 kil.; ce qui équivalait 2k,092 par kilomètre parcouru. La dépense totale pour faire 130 kilomètres par jour était estimée à 8,31 dollars, ou à 43f,25; soit 0f,332 par kilomètre parcouru. La machine a été vendue et envoyée pour exploiter la route de Onondaga Valley, Syracuse. N. Y.

Six cars à vapeur Ransom ont été mis, le 21 Mars 1877, à Philadelphie, sur la ligne de Market-Street, pour fonctionner sur la branche de Baring-Street, où les pentes maxima sont de 1 sur 22 et où il y a beaucoup de courbes. Quoique construits pour 20 voyageurs, ils en ont souvent porté 50. On a éprouvé quelques difficultés à se servir de ces cars qui semblent avoir été à peine capables de franchir les rampes et les courbes de Baring-Street. Dans l'opinion de M. Ransom, la machine devrait avoir des cylindres de 0m,178 de diamètre pour ce trafic. En outre la « boue graisseuse » de la ville fait que les roues motrices ordinaires en fonte trempée patinent quelquefois. C'est un défaut auquel M. Ransom se propose de remédier en donnant aux roues motrices des bandages en acier (1).

On assure (Septembre 1877) que ces cars à vapeur vont être mis en service régulier sur le tramway de la troisième avenue, Brooklyn.

---

(1) Les détails ci-dessus sur ce qu'ont fait les cars à vapeur Baldwin et Ransom, sont tirés des comptes rendus du secrétaire du Franklin Institute sur « la vapeur sur les chemins de fer des rues, » publiés dans le *Journal of the Franklin Institute*. Juin et Juillet 1877.

# CHAPITRE II

## DONNÉES ÉLÉMENTAIRES SUR LA PUISSANCE MÉCANIQUE

### Résistance à la traction.

La première et la plus importante des données qui règlent l'emploi de la puissance mécanique sur les tramways, c'est la résistance à la traction. Sur un railway, la résistance dans les conditions les plus favorables peut descendre jusqu'à $2^k,7$ par tonne (1). Mais il ne faut pas espérer arriver à ce chiffre sur les tramways qui, en outre de la difficulté que présente l'ornière dans le rail, sont exposés à la voir remplie de boue, de pierres et de poussière, et qui comportent aussi des courbes plus nombreuses et plus raides. Sur des rails à ornière en ligne droite et en bon état, M. Henry P. Holt a trouvé que la résistance de frottement d'un car de tramway varie depuis un minimum de $6^k,69$ par $1\,000^k$ de poids brut du car, jusqu'à un chiffre qui varie suivant le temps et l'état de la voie et qui peut dépasser $17^k,85$, — ce qui indique certainement un ensemble de mauvaises conditions. De quelques expériences, M. Henri Hughes a déduit une résistance de $11^k,60$ par $1\,000^k$; souvent beaucoup plus, quelquefois moins. Des résistances aussi considérables s'expliquent aisément, quand on considère que les boudins des roues portent fréquemment sur le fond de l'ornière ou sur la boue que celle-ci contient, et qu'en même temps les roues roulent sur la surface du rail; ces dernières se meuvent donc en même temps sur deux circonférences de rayons différents, ce qui augmente la résistance. Ou bien, tandis qu'une roue à l'extrémité d'un essieu repose seulement sur sa surface d'appui propre, la roue de l'autre extrémité peut porter sur le boudin, ce qui force le car à frotter et à s'é-

(1) *Railway Machinery*, par D. K. Clark, 1855, p. 297.

moudre latéralement contre les rails. Ou bien, les rails peuvent n'avoir plus la voie, n'être pas de niveau, être trop faibles ou trop élastiques. Enfin, les ornières peuvent être tellement remplies de détritus que toutes les roues ne roulent que sur leurs boudins; en outre de la résistance à la traction sur une surface boueuse, il y a encore celle qui se produit supplémentairement par l'effet du coïncage des roues dans la saleté. Les conducteurs des cars connaissent la valeur d'une ornière bien propre : l'un vous dira que le car a besoin de la puissance d'un cheval en plus pour rouler sur des rails pleins de petits obstacles; un autre estimera que cela équivaut à une charge supplémentaire de quelques centaines de kil., à une tonne, à deux ou plus suivant la clareté de ses perceptions. Le cheval serait la meilleure autorité s'il pouvait exprimer ce qu'il ressent; mais, à défaut de son témoignage, c'est le dynamomètre qu'il faut consulter.

Il a été démontré directement par les expériences faites par M. Tresca, sur la résistance à la traction d'un car de tramway, que l'ornière du rail est la cause immédiate d'une bonne partie de la résistance à la traction. Un car, ayant des boudins à ses quatre roues et en charge, était mené sur une portion du tramway de Paris à Versailles posée dans le macadam. La résistance à la traction montait au 1/100 du poids brut, soit 10$^k$ par 1 000$^k$. Un peu plus tard deux des roues à boudin, celles d'un même côté du car, ont été enlevées et remplacées par M. Delonchant, l'ingénieur du tramway, par des roues à bandages plats. En 1860, au mois de Juillet, M. Tresca a recommencé les expériences avec le car ainsi modifié.

| | |
|---|---|
| Poids de 47 voyageurs à 65 kil. l'un. . . . . . . . | 3 055 kil. |
| Poids des roues. . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 421 |
| Poids du car. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 2 299 |
| Poids brut total. . . . . . . . . . . | 5 775 kil. |

La longueur du trajet était de 1 610 mètres en palier. La force de traction à une vitesse uniforme de 12 kilomètres à l'heure montait à 39$^k$,150, soit 1/147 du poids total. Ainsi l'enlèvement de deux boudins était accompagné d'une réduction d'un tiers sur la résistance à la traction. Encouragé par ces résultats, M. Delonchant enleva encore un boudin, ne laissant qu'une roue à boudin et trois roues à bandage plat. Suivant M. Goschler, le résultat a montré que la résistance était diminuée de moitié par rapport à celle du car ordinaire à quatre roues à boudin. D'après cette proportion, la résistance à la traction aurait été réduite au 1/200 environ du poids brut, soit à 5$^k$ par 1 000$^k$.

Suivant les rapports du colonel de Sytenko, l'ingénieur des tramways

de Moscou, le rail Vignoles qui y est employé produit moitié moins de résistance à la traction que le rail ordinaire à ornière Cette résistance relativement petite du rail Vignoles est évidemment due à l'absence de l'ornière, quoique le système donne lieu au reproche d'interrompre la continuité du pavage.

Pour de petites vitesses, la résistance à la traction augmente évidemment avec la vitesse, quoique lentement. Sur les chemins de fer, dans des conditions ordinaires de courbure et d'entretien, la résistance des machines et des trains pris ensemble, telle qu'elle résulte des expériences de l'auteur, peut être estimée comme il suit (1) :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $4^{k}$,956 | par 1 000 kil. | à une vitesse de | 1 609 | mètres à l'heure. |
| 5 ,402 | — | — | 16 093 | — |
| 5 ,848 | — | — | 24 140 | — |
| 6 ,517 | — | — | 32 186 | — |

On voit par là que la résistance n'augmente que de $1^{k}$115 par $1000^{k}$ quand la vitesse passe de 16 à 32 kilomètres par heure. On peut admettre que sur les tramways la vitesse ne dépassera pas 24 kilomètres, même quand on emploiera la traction mécanique et, dans de pareilles limites, il n'y a pas lieu de prendre en bien sérieuse considération les variations de la force de traction avec la vitesse.

Si l'on considère que les expériences de M. Tresca (d'où l'on a déduit une résistance de $10^{k}$ par $1000^{k}$) ont été faites sur une route macadamisée, on peut en conclure que la résistance en palier sur une ligne de tramways, construite avec des rails à ornière et un pavage en granit bien entretenu, n'aurait pas dépassé $8^{k}$,928 par 1 000 kil. dans des conditions semblables.

M. Edward Woods a aussi estimé la résistance d'un car de tramway sur un palier, et (il faut le supposer) en ligne droite, à $8^{k}$,928 par 1 000 kil.

Comme conséquence des observations qui précèdent, on peut admettre, au point de vue des estimations, que la résistance des machines et cars sur des tramways avec rails à ornière, en palier, ligne droite et bon état d'entretien, est de $8^{k}$,928 par 1 000 kil.; et que sur une ligne dans des conditions moyennes et avec des courbes, elle peut accidentellement aller au double. On peut prendre une moyenne de $13^{k}$,4 comme donnée pour le calcul de la force ordinaire de traction à prévoir. Ceci concorde du reste avec les résultats que MM. Merryweather et fils ont tirés de leur expérience des locomotives et cars de tramways.

(1) *Railway Machinery*, 1855, p. 310.

La force nécessaire pour faire partir un car et le mettre en vitesse est forcément plus grande que celle qu'il faut pour maintenir la vitesse uniforme. C'est une quantité variable; car elle peut être l'effort qu'il plaît aux chevaux d'exercer ou que le conducteur de la machine leur fait donner. M. John Philipps a trouvé par expérience que pour le depart d'un car à deux chevaux, il s'exerçait une force initiale de 226 à 272 kil. sur le car; ce qui, pour un poids total de 5 080 kil., donne de $44^k,54$ à $53^k,56$ par 1 000 kil.

## Propulsion mécanique.

La propulsion mécanique sur les tramways a été effectuée au moyen de la vapeur ou de l'air comprimé, agissant dans des cylindres reliés aux essieux du mécanisme, d'une manière analogue à ce qui se passe pour les locomotives sur les chemins de fer. Quand on connaît la pression moyenne effective dans les cylindres qui sont généralement au nombre de deux, on peut facilement estimer la force de traction sur les rails en fonction de cette force et des dimensions du mécanisme.

Prenons le cas, à peu près général, de deux cylindres reliés directement aux roues motrices et à leur essieu. La pression développée dans les deux cylindres s'exprime par la pression équivalente ou force de réaction sur les rails, de la manière suivante

$$T = \frac{d^2 L p}{D}. \qquad (1)$$

Réciproquement la pression moyenne dans les pistons, qui équivaut à une force de traction donnée sur les rails, est fournie par la formule :

$$p = \frac{DT}{d^2 L}. \qquad (2)$$

$d$ le diamètre des cylindres en centimètres;
L la longueur de course en centimètres;
D le diamètre des roues motrices en centimètres;
$p$ la pression moyenne sur les pistons, en kilogrammes par centimètre carré;
T la force de traction équivalente sur les rails en kilogrammes.

C'est-à-dire : *pour trouver la force de traction*, multipliez le carré du diamètre des pistons exprimé en centimètres, par la longueur de la course en centimètres et par la pression moyenne effective en kilo-

grammes par centimètre carré; et divisez le produit par le diamètre des roues motrices, exprimé en centimètres. Le quotient est la force de traction équivalente sur les rails, exprimée en kilogrammes.

*Pour trouver la pression moyenne*, multipliez le diamètre de la roue motrice exprimé, en centimètres, par la force de traction sur les rails, en kilogrammes; divisez le produit par le carré du diamètre des cylindres et la longueur de course exprimés en centimètres. Le quotient sera la pression moyenne effective en kilogrammes par centimètre carré.

Il est évidemment bien entendu que sur la force développée dans le cylindre, il en est intercepté et consommé la quantité qui est nécessaire pour vaincre les résistances du mécanisme; et que c'est seulement l'excédent qui est mis à profit pour l'action de traction sur les rails et qui s'exerce en ce point. Mais afin de ramener, pour faciliter les estimations, toutes les résistances aussi bien de la machine que du car a un type qui puisse servir pour les mesures, toute la puissance de la vapeur dans les cylindres, telle qu'elle se mesure par l'indicateur, est réduite en une force de traction équivalente sur le rail.

PRESSIONS MOYENNES EFFECTIVES DANS LES CYLINDRES.

| PÉRIODE d'admission par rapport à la course. | PRESSION moyenne effective par rapport à la pression maxima. | PÉRIODE d'admission en fractions de la course. | PRESSION moyenne effective par rapport à la pression maxima. |
|---|---|---|---|
| p. 100. | p. 100. | | |
| 10 | 15 | 1/10 | 1/7 |
| 12 1/2 | 20 | 1/8 | 1/5 |
| 15 | 24 | 1/6 | 1/4 |
| 17 1/2 | 28 | | |
| 20 | 32 | 1/5 | 1/3 |
| 25 | 40 | 1/4 | 1/2,5 |
| 30 | 46 | 1/3 | 1/2 |
| 35 | 52 | | |
| 40 | 57 | — | — |
| 45 | 62 | — | — |
| 50 | 67 | 1/2 | 2/3 |
| 55 | 72 | — | — |
| 60 | 77 | — | — |
| 65 | 81 | 2/3 | 4/5 |
| 70 | 85 | — | — |
| 75 | 89 | 3/4 | 9/10 |

La pression moyenne effective dans les cylindres à vapeur ordinaires

sans condensation, avec tiroirs ordinaires et coulisse de Stephenson, est donnée dans la table ci-dessus, pour des périodes d'admission variant de 10 p. 100 à 75 p. 100 de la course et pour des pressions maxima dans le cylindre depuis $4^{k}$,219 jusqu'à $10^{k}$,546 par centimètre carré (1).

La proportion du poids adhérent ou du poids moteur de la machine qui mesure la force d'adhérence sur laquelle on peut compter, est très-variable. D'après les expériences de l'auteur relativement à l'adhérence sur les chemins de fer, elle est comprise entre un cinquième pour un temps sec et un neuvième pour un temps humide par lequel les rails peuvent devenir glissants. Si l'on reste dans les limites d'un neuvième pour déterminer les proportions des machines en raison du travail qu'elles auront à effectuer, on assure leur fonctionnement pour tous les états de l'atmosphère; mais pour les estimations générales, on peut sans crainte adopter une fraction plus grande; on peut du reste, quand cela est nécessaire, recourir à l'aide que procure le sable sec répandu sur les rails pour augmenter l'adhérence. Aussi peut-on en toute sécurité prendre pour fraction un huitième.

L'influence des rampes sur la traction se calcule aisément en multipliant le poids total par la fraction qui exprime la mesure de l'inclinaison. Le produit est la quantité dont s'accroît la résistance quand on gravit une rampe donnée, ou dont elle diminue quand on descend cette même pente. Pour faire voir l'effet que produit une rampe pour accroître la résistance et diminuer le poids total qu'on peut compter remorquer, prenons les rampes qui équivalent à une résistance de $13^{k}$,392 et à ses multiples; nous avons ainsi :

| Rampe. | | Résistance due à la gravité. | |
|---|---|---|---|
| 1 sur 75 | ou 1,33 pour cent. | $13^{k}$,392 | par 1 000 kil. |
| 1 sur 37 | ou 2,70 — | 26 ,784 | — |
| 1 sur 25 | ou 4,00 — | 40 ,176 | — |
| 1 sur 18 1/2 | ou 5,40 — | 53 ,568 | — |
| 1 sur 15 | ou 6,66 — | 66 ,960 | — |

En prenant, comme nous l'avons adopté plus haut, le chiffre de $13^{k}$,392 par 1 000 kil. comme représentant la résistance normale en palier, la résistance est augmentée de $13^{k}$,392 ou doublée pour une rampe de 1 sur 75, et le poids qu'on peut faire remonter en haut de la rampe, au moyen d'une force de traction donnée, se trouve réduit de moitié.

(1) Cette table est extraite de l'ouvrage de l'auteur, *Railway Machinery*, 1855, p. 116.

| | | |
|---|---|---|
| Sur un palier le poids qu'on peut remorquer étant. . . . . . . . | | 1 |
| Sur une rampe de 1 sur 75, | il est. . . . . . . . . . . . . . . . . | 1/2 |
| — 1 sur 37, | — . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1/3 |
| — 1 sur 25, | — . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1/4 |
| — 1 sur 18 1/2, | — . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1/5 |
| — 1 sur 15, | — . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1/6 |

Comme une machine de tramway parcourt la ligne dans les deux sens, on peut, pour les besoins généraux et quand on prend la moyenne suivant les deux directions, admettre que le travail effectué dans chaque section de la ligne, qu'elle soit en palier ou rampe, est le même que celui effectué sur un palier, et on peut aussi supposer que la période moyenne d'admission de la vapeur dans les cylindres soit de 50 p. 100 ou de la moitié de la course. La pression initiale moyenne dans le cylindre peut donc être considérée comme due à la pression moyenne effective équivalente à la résistance sur un palier.

A l'aide des règles et données qui précèdent, on peut calculer la quantité de vapeur consommée pour une distance donnée, — par kilomètre parcouru, par exemple (1); et de là on peut déduire, en fonction du volume relatif de la vapeur, la quantité d'eau évaporée et la quantité de charbon qu'il aura fallu brûler. Le volume de vapeur consommé pour la course d'un des pistons est la moitié de la capacité d'un des cylindres; il y a quatre de ces moitiés, ou deux fois plein le cylindre de vapeur consommée pour un tour de l'essieu moteur : ou bien la vapeur consommée pour un tour est, en centimètres cubes,

$$\frac{\pi}{4} d^2 \times L \times 2 = \frac{\pi}{2} d^2 L \quad \text{ou} \quad 1{,}5708 d^2 L. \qquad (a)$$

*d* diamètre du piston, en centimètres;
L longueur de course, en centimètres;
D le diamètre de la roue motrice en mètres;
S le volume de vapeur consommée, en mètres cubes par kilomètre.

La quantité de vapeur (en centimètres cubes) consommée par kilomètre est égale à la quantité (*a*) multipliée par le nombre de tours par kilomètre ou par $\frac{1\,000}{\pi D}$; le quotient de ce produit par 1 000 000 est le nombre de mètres cubes consommés par kilomètre. Mais il faut y

(1) Nous avons dû ici modifier d'une manière assez sensible les formules originales de M. Clark, afin de les adapter à notre système de poids et mesures. La traduction littérale du texte anglais aurait été inintelligible pour tout lecteur n'ayant pas sous la main des tables de conversion de mesures anglaises et mesures métriques correspondantes.

# CINQUIÈME PARTIE

## TRACTION MÉCANIQUE SUR LES TRAMWAYS

---

## CHAPITRE PREMIER

### NOTICE HISTORIQUE SUR L'APPLICATION DE LA PUISSANCE MÉCANIQUE AUX TRAMWAYS.

---

### Latta. — Grice et Long. — Train.

Suivant M. Cramp (1), la première application de la vapeur à la propulsion des cars de tramways paraît avoir été faite, en 1859, sur le tramway de Cincinnati, par M. A. B. Latta. Il construisit un car à vapeur qui, dit-on, menait quatre-vingts personnes. La seconde application a été faite par MM. Grice et Long, de Philadelphie, qui construisirent un car long, porté sur deux trucs à quatre roues, un sous chaque extrémité du car. La vapeur exerçait sa puissance sur l'un d'eux au moyen d'un système de roues d'engrenages. En 1850, il y avait en service aux États-Unis cinq ou six cars à vapeur où la machine et la chaudière étaient placées en dedans du car; le tout était porté sur deux trains à quatre roues. En 1860, M. Train fit breveter un car à vapeur, porté sur un train Bissel à une extrémité et une paire de roues à l'autre; il était mené par une machine à vapeur à double cylindre, avec chaudière verticale et transmission par engrenage droit.

---

(1) *Matériel roulant de Tramway*, par M. C. C. Crampt. *Transactions of the Society of Engineers*, 1874, p. 124.

### Todd.

M. Léonard J. Todd, de Leith, est, à ce qu'il semble, le premier des ingénieurs s'occupant de locomotives qui ait projeté une machine pour tramways, disposée spécialement pour passer dans les rues et routes ordinaires, en évitant le bruit, la fumée et l'émission de la vapeur, et possédant de grandes facilités pour partir et s'arrêter rapidement. Il insistait sur l'avantage qu'il y a d'accumuler la force et, dans ce but, il employait une chaudière de grande capacité, contenant une grande quantité d'eau et n'ayant qu'un très-petit foyer. « Dans le cas d'un petit générateur, dit-il (1), la seule manière d'avoir une chaudière qui prenne soin d'elle-même pendant un temps considérable, c'est de lui donner une grande capacité et une grande surface d'eau. Cette eau joue, de la manière la plus parfaite et la plus naturelle, le rôle d'un accumulateur de chaleur; elle emmagasine de la chaleur en elle-même, tout en ne faisant monter la pression que très-lentement; et inversement, pendant une longue période, elle cède la chaleur mise en réserve, mais en ne laissant baisser que lentement la pression et le niveau de l'eau. Cette action inappréciable de l'eau dans les chaudières n'est pas mise à profit dans les locomotives ordinaires, parce qu'on n'a pas l'occasion d'en faire particulièrement usage; et cependant on sait bien que, sur les lignes accidentées, il est très-important qu'une chaudière contienne une grande quantité d'eau. Les chaudières de locomotives contiennent $0^{mc},141$ d'eau et trois unités de surface d'eau pour une unité de surface de grille. Elles ne demandent d'attention que toutes les dix minutes et même moins souvent. Il est évident que si nous sextuplons le volume et la surface de l'eau, tout en laissant les mêmes dimensions à la grille, nous n'aurons, en nous plaçant au point de vue de la sécurité seulement, à surveiller la chaudière qu'une fois seulement en soixante minutes, au lieu de dix. » ..... « La force nécessaire pour traîner un car de 44 voyageurs, y compris le poids du mécanisme de propulsion, avec cette grande quantité d'eau, ne sera pas supérieure à 10 chevaux sur les paliers. Elle dépassera nécessairement cette quantité sur les routes plus tirantes. Les machines et chaudières de petite dimension donneront facilement 10 chevaux de force pour une surface de $9^{déc.car.},290$ de grille; mais il vaudra mieux que la grille ait $13^{déc.car.},935$, c'est-à-dire une fois et demie la surface précédente; et avec $0^{mc},849$ de volume et $1^{m.car.},07$ de surface d'eau, c'est-à-

(1) *The Engineer*, 24 juillet 1874, p. 66.

dire six fois ce qu'on donne d'ordinaire aux locomotives, on aura $1^{mc},273$ pour le volume de l'eau et et $2^{m},50$ pour la surface au niveau de l'eau. Le fourneau devra avoir une profondeur considérable, au moins $0^{m},61$ au-dessous de la porte, de manière qu'avant de commencer une course, on puisse le remplir de combustible et le laisser ensuite brûler de lui-même. »

M. Todd a construit pour le tramway, *via* de Santander, une locomotive représentée dans la *fig.* 113, et qui peut mener deux cars contenant

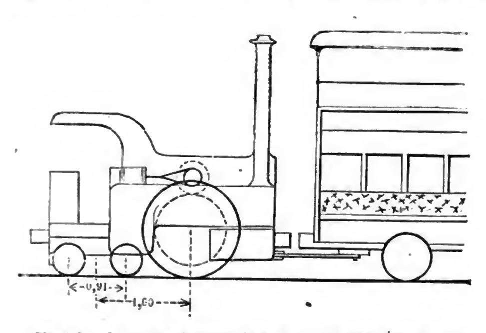



Fig 113. — Locomotive à vapeur de M. L. J. Tood, 1871. Échelle /96.

76 voyageurs. La chaudière ressemblait comme forme à celle d'une locomotive ordinaire ; elle avait $0^{m. car.},3051$ de surface de grille et $14^{mc},8639$ de surface de chauffe. Les cylindres avaient $0^{m},164$ de diamètre, avec une course de $0^{m},229$ ; l'arbre de la manivelle faisait 150 tours quand la vitesse était de 16 kilomètres à l'heure. Les roues motrices avaient $1^{m},676$ de diamètre ; elles étaient construites avec disque en bois. Il y a en tête un boggie (truc) ayant des roues de $0^{m},533$ de diamètre avec les essieux distants de $0^{m},91$ d'axe en axe. La distance entre l'essieu moteur et le centre du truc était de $1^{m},60$. Le mouvement de la manivelle était communiqué aux roues motrices par une couple de roues d'engrenage. Le courant d'air dans le fourneau était établi par un ventilateur, mis en mouvement par la vapeur sortant de la machine, qui frappait les ailettes d'une roue disposée sur l'arbre du ventilateur. La vapeur passait de là dans la bâche à eau, où elle déposait son eau de condensation, tandis que la portion restée libre s'échappait dans la cheminée. Avec une pression de vapeur dans la chaudière montant à $10^{k},546$ par centimètre carré, la machine pouvait développer une force effective de 20 chevaux. Son poids en service était de 5 080 kil. Sa longueur totale était de $4^{m},521$

et sa hauteur 1m,981. La cheminée avait 4m,394 au-dessus des rails, pour atteindre le toit qui recouvrait les cars.

## Lamm.

Le docteur Émile Lamm a expérimenté pendant quelque temps, en 1871, un car à gaz ammoniaque à la Nouvelle-Orléans (*fig.* 114). Il plaçait

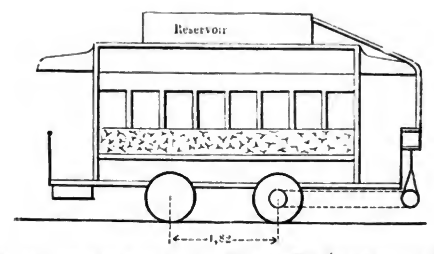



Fig. 114. — Car à gaz ammoniacal du Dr Damm, 1871. Échelle environ 1/96.

sur le toit du car un réservoir d'eau chaude, contenant un autre réservoir intérieur qui renfermait du gaz ammoniacal liquide, produit en chauffant du sel ammoniaque en présence d'un hydrate de chaux. Sous l'influence de la chaleur de l'eau ambiante, le gaz se dégageait et se rendait aux cylindres, qui étaient disposés verticalement à l'extrémité du car, et agissaient sur une manivelle placée en dessous. Celle-ci actionnait une poulie dont le mouvement circulaire se communiquait au moyen d'une chaîne à une autre poulie montée sur un des essieux du car. Le gaz à sa sortie était renvoyé dans le réservoir d'eau, où il se condensait en cédant sa chaleur à l'eau. Ces alternatives de dégagement de gaz et de condensation se continuaient jusqu'à ce que la pression dans le réservoir devînt insuffisante pour continuer à donner le mouvement aux pistons. La plus grande diminution de pression dans le générateur à gaz pendant une course de 11265 mètres n'a pas dépassé 0k,703 par centimètre carré. Quand l'eau était saturée de gaz, on la remplaçait et le gaz pouvait en être extrait pour reservir à nouveau. La plus grande difficulté dans l'emploi du gaz ammoniacal consistait à empêcher complètement qu'il n'échappât dans l'atmosphère, afin d'éviter son odeur désagréable et la gêne que sa présence dans l'air cause sur la respiration. Cette objection, jointe à celle de son action chimique sur le fer, condui-

sirent à abandonner le système de propulsion par l'ammoniaque, quoique le car du docteur Lamm ait fonctionné pendant quelque temps.

Un peu plus tard, en 1871, le docteur Lamm mit en circulation sur la ligne de tramway entre la Nouvelle-Orléans et Carrolton une machine « sans feu, » locomotive à eau chaude, ou machine « thermo-spécifique. » La locomotive (*fig.* 115) se composait d'un réservoir, d'environ

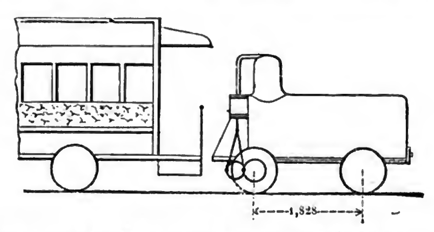



Fig. 115. — Locomotive à eau chaude du Dr Lamm, 1871. Échelle environ 1/96.

0m,914 de diamètre et de 3m,048 de long, monté sur quatre roues, et rempli d'eau chauffée à une haute température et sous la pression élevée correspondante. Quand le régulateur était ouvert, la pression baissait momentanément, et il se formait instantanément de la vapeur qui sortait de l'eau pour rétablir l'équilibre, tandis que la pression générale diminuait graduellement. Les cylindres étaient fixés verticalement devant l'extrémité postérieure du réservoir; ils donnaient le mouvement à une manivelle située en dessous, qui transmettait la force à l'essieu le plus voisin, au moyen de roues dentées. Le réservoir contenait 1mc,698 d'eau chaude. On le remplissait d'abord d'eau froide, puis on le mettait en communication avec le tuyau de vapeur d'une large chaudière fixe établie à Carrolton, et où la pression était de 14k,062 par centimètre carré. L'eau froide s'échauffait rapidement, et sa pression montait à 12k,656 par centimètre carré. On supprimait la communication, et la locomotive à eau chaude était prête à fonctionner. La vapeur d'évacuation était envoyée directement dans l'atmosphère, où elle formait des nuages blanchâtres de vapeur humide. On a assuré qu'en 1875 les locomotives à eau chaude étaient constamment en marche et donnaient des résultats satisfaisants. Le tramway a environ 9656 mètres de long. Du centre de la ville à ses limites, les cars sont traînés par des mulets, qui sont remplacés en cet endroit par des machines. Le réservoir une fois rempli à Carrolton, la locomotive peut faire le double voyage pour aller jusqu'à la Nouvelle-Orléans et revenir, et conserver encore une pression de 3k,515 par centimètre carré.

Par observation, on a trouvé que quand la température atmosphérique descend à 4°,4 centigrades, la température de l'eau, quoique de 89° plus élevée, ne baisse que de 1°,6 par heure.

## East New-York et Canartio.

En Octobre 1873, on a essayé une locomotive à eau chaude entre East New-York et Canartio, sur une distance de 5632 mètres. Le réservoir avait $1^m,168$ de diamètre et $3^m,048$ de longueur; il reposait sur deux paires de roues couplées. Il y avait deux cylindres de $0^m,203$ de diamètre avec une course de piston de $0^m,305$. La vapeur d'évacuation était envoyée dans deux condenseurs, un pour chaque cylindre, contenant 38 tubes de condensation de $0^m,015$ de diamètre et munis de pompes à air pour créer un vide partiel. Le poids de la machine était de 4216 kil.; celui du car qu'elle traînait de 7620 kil. à vide; on estimait qu'il était de 12700 kil. quand il était chargé de ses 120 voyageurs. La locomotive, avec son car, effectuait le parcours de 5632 mètres jusqu'à Canartio, sur des pentes descendantes en $12^{min.},3/4$, à une vitesse de $26^k,500$ à l'heure; la pression, qui était de $12^k,656$ dans le réservoir au commencement du voyage, était descendue à $7^k,593$ par centimètre carré à la fin. Le train s'arrêta 9 minutes à Canartio, et pendant ce temps la pression baissa à $7^k,312$ par centimètre carré. Le retour, en rampe s'effectua en 17 minutes à la vitesse de $19^k,700$ à l'heure, et la pression descendit à $3^k,164$. On rapporte que le mécanisme de cette machine était mal étudié et mal construit; il est évident que le condenseur était tout à fait insuffisant.

Quelques mois plus tard, une autre locomotive à eau chaude, en service sur la ligne de Canartio, fut mise en essai par M. H. Buel et M. H.-L. Brevoort. Les résultats de leurs expériences sont résumés dans un rapport rédigé par M. Buel, en Janvier 1874 (1). Le réservoir de la locomotive avait $0^m,94$ de diamètre et $2^m,743$ de long; il avait un dôme de vapeur de $0^m,305$ de diamètre et de $0^m,62$ de haut. Les cylindres étaient verticaux; ils avaient $0^m,127$ de diamètre, avec une course de piston de $0^m,178$; ils étaient munis de tiroirs de distribution et de coulisses de Stéphenson. La puissance était transmise à un des essieux par une roue dentée de 26 dents, montée sur l'arbre de la manivelle et qui actionnait une roue à 46 dents montée sur l'essieu. Il y avait deux essieux portant quatre

(1) Publié dans l'*Engineer*, 20 février 1874, p. 135.

roues de $0^m$,762 de diamètre. Le réservoir était recouvert d'une espèce de ciment et de feutre; les cylindres eux-mêmes sont garnis d'une épaisse enveloppe de feutre. Un conduit de $0^m$,051, percé de petits trous, se trouve dans le réservoir, près du fond et sur presque toute sa longueur. C'est par ce conduit que la vapeur, provenant d'une chaudière fixe, était amenée pour échauffer l'eau.

Le réservoir était à moitié plein d'eau au commencement du voyage, qui était de 7 080 mètres, et la pression de la vapeur montait à $9^k$,984 par centimètre carré. Cette pression pendant le voyage a été la suivante :

| Heure. | Pression par cent. carré. | Heure. | Pression par cent. carré. |
|---|---|---|---|
| $3^h$,35 | $9^k$,984 | $4^h$,7 | $4^k$,640 |
| 3 ,37 | 9 ,281 | 4 ,10 | 3 ,656 |
| 3 ,38 | 8 ,718 | 4 ,13 | 3 ,375 |
| 3 ,39 | 8 ,718 | 4 ,15 | 3 ,094 |
| 3 ,51 | 7 ,172 | 4 ,21 | 2 ,039 |
| 3 ,53 | 6 ,820 | 4 ,24 | 1 ,547 |
| 3 ,55 | 6 ,257 | | |
| 4 ,4 | 4 ,922 | Pression moyenne | $5^k$,730 |

Le temps total pour faire le parcours de 7 080 mètres était de 49 minutes; le temps de marche n'a été que de $35^m$ $30^s$. La vitesse moyenne de marche s'élevait à environ 12 kilomètres à l'heure. La vitesse moyenne de la manivelle à été de $147^{tours}$,4 par minutes; ce qui donnait au piston une vitesse de $52^m$,425 par minute. M. Buel a calculé, d'après les pressions du réservoir, qu'il y avait eu $95^k$,255 d'eau évaporée et consommée pendant le voyage; ce qui correspond à $13^k$,454 par kilomètre parcouru. La machine marchait à pleine pression; l'introduction de la vapeur était déterminée par le régulateur. Les diagrammes indicateurs montrent que la pression initiale dans le cylindre était de $1^k$,652 par centimètre carré; la pression moyenne finale était de $1^k$.396; la pression moyenne en arrière était de $0^k$,361 et la pression moyenne effective de $1^k$,255 par centimètre carré. La force était de $2^{ch}$,61. M. Buel estime que la quantité de vapeur ayant agi dans les cylindres et suivant les diagrammes indicateurs montait à $66^k$,746 ou 70 p. 100 des $95^k$,254, quantité d'eau évaporée qu'indique le calcul. Les circonstances dans lesquelles la vapeur était employée dans les cylindres étaient évidemment défavorables. La vapeur ne travaillait nullement à l'expansion, et il y en avait beaucoup de condensée dans les cylindres. La vitesse des pistons était trop faible et, même dans ces conditions, la pression en arrière était de $0^k$.361 par centimètre carré, ou de 22 1/4 p. 100 de la pression positive au-dessus de celle de l'atmosphère.

## Baxter.

En 1872, M. Baxter, de Newark (États-Unis), mit en circulation dans New-York, un car à vapeur (*fig.* 116). Il était placé sur quatre roues

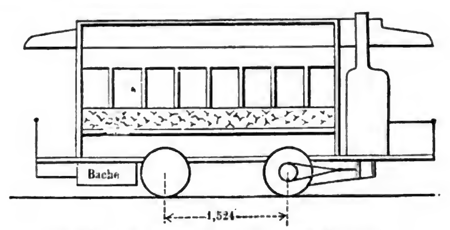



Fig. 116. — Car à vapeur de M. Baxter, 1873. Échelle 1/96.

en fonte trempée, de 0m,762 de diamètre, situées à 2m,134 d'axe en axe. Il était mu par une machine à vapeur à cylindres combinés placés sous le plancher.

La vapeur était fournie par une chaudière verticale de 0m,66 de diamètre et de 1m,372 de haut. Il est établi que ce car se comportait bien et traînait 52 voyageurs, en montant une rampe de 1 sur 13. Il ne faisait pas de bruit.

## Grantham.

M. John Grantham, frappé de la nécessité de remplacer la force des chevaux par celle de la vapeur, fit breveter en 1871 un système de car de tramway, composé d'un car ordinaire dans lequel la force motrice devait être logée et appliquée au milieu de la longueur du car. En 1872, il en avait un de construit (*fig.* 117) ; le car proprement dit a été exécuté aux ateliers de Voitures Oldbury, et la machine et les chaudières à ceux de MM. Merryweather et fils, suivant les indications de M. Grantham. C'est le premier car à vapeur pour tramways qui ait été construit en Angleterre. On avait ménagé de chaque côté de la caisse une chambre à chaudière, pour contenir deux chaudières verticales et laisser en même temps un passage central permettant de communiquer et de circuler d'un bout à l'autre du car. Les chaudières étaient construites suivant le système Field, avec des tubes à eau pendants contenant des tubes de

circulation intérieure. Elles avaient $0^{m},457$ de diamètre et $1^{m},321$ de haut. La grille à feu de chacune d'elles avait $0^{m},381$ de diamètre. Le mécanisme était placé sous le plancher. Les cylindres avaient $0^{m},102$ de dia-

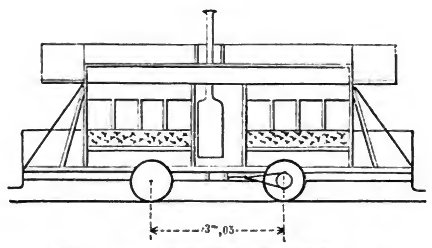



Fig. 117. — Car à vapeur de M. John Grantham, 1872.

mètre, et une course de $0^{m},254$; ils se reliaient à une seule paire de roues motrices de $0^{m},762$ de diamètre. Le car avait quatre roues, placées à $3^{m},05$ de distance, d'essieu à essieu. Un des essieux servait à la propulsion; l'autre portait une roue folle, fixée sur un manchon, de telle manière que les deux roues pouvaient tourner indépendamment l'une de l'autre. Le car avait une longueur totale de $9^{m},144$; il contenait des siéges pour 44 voyageurs, — 20 à l'intérieur et 24 au dehors. Au commencement de 1873, il fut mis en service, comme expérience, sur une courte partie de railway en palier, de 320 mètres, à West-Brompton. Il y fonctionna pendant quelque temps d'une manière assez satisfaisante, avec de la vapeur à $6^{k},328$ de pression par centimètre carré; il parcourait la ligne à une vitesse moyenne de $17^{k},700$ à l'heure, y compris les départs et les arrêts. Mais quoi qu'un car à vapeur puisse faire bien sur un railway, il peut échouer sur un tramway où la résistance est de beaucoup plus considérable. C'est ainsi qu'il faut expliquer l'insuccès du car Grantham quand on l'essaya, en Novembre 1873, sur les Tramways de Londres, entre Victoria Station et Vauxhall Bridge; cela tenait peut-être aussi, comme l'a remarqué *The Engineer*, aux difficultés qu'on éprouvait à entretenir le feu, difficultés dues à l'encombrement du car.

Ce car fut transporté sur le Tramway Wantage, où on le mit en service. Mais il ne produisait pas assez de vapeur pour franchir les rampes et les courbes de la voie, qui sont très-accentuées. Le Tramway Wantage a 3 219 mètres de long; sa pente la plus forte est de 1 sur 47, sur une longueur de 320 mètres, et sa courbe la plus raide n'a qu'un rayon de $22^{m},86$. L'insuffisance des chaudières, et le danger qu'elles présentent quand elles sont isolées rendaient le car, tel qu'il avait été construit

d'abord, peu propre à être employé sur les tramways ordinaires. Il fut modifié suivant les conseils de M. Edward Woods. Les chaudières séparées furent enlevées, et on les remplaça par une seule chaudière verticale de grande dimension, construite par MM. Shand, Mason et C^e, qui contenait un grand nombre de petits tubes à eau, disposés à peu près horizontalement.

Cette nouvelle chaudière, qui sera décrite d'une manière plus complète dans la suite de l'ouvrage, était comme les anciennes placée dans le milieu du car, mais plus près d'un côté que de l'autre; elle était complètement renfermée, et laissait un passage ou couloir de l'autre côté pour permettre de faire communiquer les deux parties du car qui contenaient, l'une les places de première, l'autre les places de seconde classe. Les roues primitives ont été remplacées par d'autres de diamètre plus petit, — $0^m,61$ seulement. Une paire sert à la propulsion; dans l'autre, une des roues est folle, comme avant, pour rendre le passage plus facile dans les courbes. Le car est mené de l'une ou l'autre de ses extrémités à l'aide de leviers amovibles qui donnent au conducteur la direction entière de tous ses mouvements. Il a $8^m,306$ de long, $1^m,981$ de large et $3^m,378$ de haut. Son poids net, quand il est vide, est de 6604 kil.; avec sa provision de coke et d'eau, il pèse 8128 kil. Il peut contenir 60 voyageurs, donnant un poids d'environ 5080 kil.; en charge, il a ainsi un poids brut de 13209 kil.

L'estimation suivante, pour la dépense de traction des tramways par le car Grantham, est basée sur les résultats de l'expérience acquise sur le Tramway Wantage. On admet un parcours annuel de 42260 kilomètres, — ce qui équivaut à 112 kilomètres par jour, bien que dans la réalité le parcours journalier sur la ligne en question n'ait jamais dépassé $64^k,373$.

TRAMWAYS DE WANTAGE.

ESTIMATION DE LA DÉPENSE D'EXPLOITATION PAR LE CAR A VAPEUR DE GRANTHAM.

| | |
|---|---|
| 1 mécanicien à $43^f,75$ par semaine. / 1 chauffeur à 31 ,25 — / 1 Conducteur à 25 ,00 — } $100^f,00$. . . . . . . . . . . . . | $5200^f,00$ |
| Combustible : $1^k,974$ par kilom. pour 42260 kil. = 83379 kil. à $18^f,75$ les 1016 kil. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1537 ,50 |
| Huile, suif, lavage et divers, $0^f,016$ par kilom. parcouru, en tout. . . . | 683 ,85 |
| Eau à raison de $1^f,25$ par jour. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 456 ,25 |
| Réparations du car et de la machine, $0^f,064$ par kilom. parcouru, en tout. | 2725 ,40 |
| Dépense totale.. . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 10623 ,00 |

ou $0^f,251$ par kilomètre parcouru.

Le car à vapeur construit dans la suite d'après le système Grantham

(*fig.* 118), quoiqu'ayant à peu près perdu toutes les particularités qu caractérisaient le premier système, a reçu plusieurs perfectionnements, sur les conseils de M. Woods. On a remplacé les roues indépendantes par

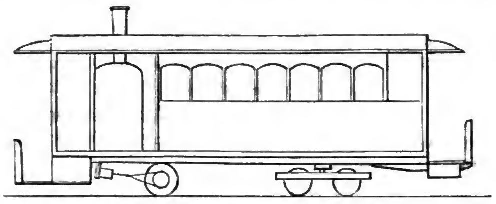


Fig. 118. — Car à vapeur de Grantham, 1876.

un boggie à quatre roues, et la chaudière et la machine ont été mises à une extrémité du car. Il a été construit à Birkenhead par la compagnie des Cars et Wagons de Starbuck, pour être employé sur les Tramways de Vienne. La machine et la chaudière ont été fournies par MM. Shand, Mason et Cᵉ. La chaudière est à tubes à eau inclinés comme celles qu'ils emploient dans la construction de leurs pompes à incendie. La boîte à feu est droite. Les tubes à eau, qui ont un très-petit diamètre, sont disposés par rangées, légèrement inclinées, qui s'entrecroisent et sont les unes au-dessus des autres. Le mécanisme est en dessous de la plateforme et les bâches à eau sont placées sous les siéges des voyageurs. Les cylindres ont $0^m,152$ de diamètre, avec une course de $0^m,229$; les roues motrices ont $0^m,61$ de diamètre; celles du boggie ont $0^m,508$, et leurs essieux sont espacés de $0^m,914$. La distance de l'essieu moteur au centre du boggie est de $2^m,439$. Sur cette base d'appui de $2^m,439$ repose un car dont la longueur totale est de $8^m,687$. La longueur de la caisse est de $7^m,163$, à savoir : $4^m,267$ pour loger 24 voyageurs et $2^m,896$ pour la chambre des chaudières. Le poids total qui est de 7 112 kil. brut, y compris les voyageurs, se répartit : 3048 kil. sur les roues motrices et 4064 kil. sur le boggie. Le prix du car à vapeur est de 18 750 francs.

Ce car a été essayé sur le Tramway de Holylake et Birkenhead, le 11 Mai 1876. Cette ligne a 4 023 mètres de long, avec des courbes de $10^m,668$ de rayon et une rampe maxima de 1 sur 19. Le car a fait trois voyages doubles complets, soit un parcours de 24 140 mètres, avec une charge de 45 voyageurs. La pression dans la chaudière était de $7^k,031$ par centimètre carré. La vitesse ordinaire en marche s'élèvait à environ 16 kilomètres à l'heure; mais, quand on a fait les épreuves, elle a été quelquefois le double de cette quantité. Le car a remonté la rampe de 1/19; mais il n'aurait pu repartir, si on l'y avait arrêté.

Quand il est arrivé à sa destination, sur les tramways de Vienne, un essai en a été fait le 28 Juillet 1876 sur une portion de ligne longue de 3862 mètres, entre la station du Tramway du Semmering et le Cimetière central. La distance a été parcourue en 15 minutes, ou à raison de 15$^{k}$,3 par heure, y compris les arrêts. La pente la plus raide était de 1 sur 48; elle a été remontée à la vitesse 22$^{k}$,5 à l'heure. La chaudière, quoique produisant rapidement la vapeur, est trop limitée comme volume d'eau, pour répondre aux besoins d'un moteur de tramway; elle demande à être conduite avec beaucoup d'habileté pour que la pression n'éprouve pas des variations violentes. La vitesse régulière d'exploitation est de 16 à 19 kilomètres à l'heure.

Dans le dernier projet de M. Woods pour le car à vapeur Grantham, la distance entre le centre de l'essieu moteur et celui du boggie a été augmentée et portée à 3$^{m}$,048.

## Perkins.

En 1874, la compagnie des machines du Yorkshire a construit, pour les Tramways belges de Bruxelles, une machine de Tramway, suivant le système de M. Loftus Perkins. Elle était mue par la vapeur, à la pression de 35$^{k}$,155 par centimètre carré; elle était à cylindres combinés. Le premier, qui avait 0$^{m}$,065 de diamètre, était à simple effet; le second, de 0$^{m}$,111 de diamètre, était à double effet. En sortant de là, la vapeur était envoyée dans un condenseur de surface, à air, présentant dans son ensemble de 65 à 74 mètres carrés de surface à échauffer, et formé de deux séries de tubes verticaux en cuivre de 0$^{m}$,012 de diamètre, — une de chaque côté de la machine. La vapeur était condensée par l'action refroidissante de l'air atmosphérique, circulant à l'extérieur des tubes. L'extrémité supérieure de ces derniers était fermée; on ne laissait qu'une seule ouverture très-étroite, d'environ 0$^{m}$,0015 de diamètre, destinée à laisser échapper la vapeur qui pourrait rester. La chaudière était formée de tubes de fer recourbés, ayant 0$^{m}$,057 de diamètre et 0$^{m}$,0095 d'épaisseur; elle avait été éprouvée à une pression de 175$^{k}$,8 par centimètre carré ou de 167 atmosphères. Comme combustible, on employait le coke, et le tirage était dû tout simplement à la hauteur de la cheminée. Les roues avaient 0$^{m}$,610 de diamètre; et leurs essieux 0$^{m}$,063 de diamètre; ils allaient se renforçant jusqu'à avoir un diamètre de 0,082 en leur milieu. Un système de roues d'engrenage réduisait la vitesse de la manivelle, dans le rapport de quatre à un; et le mouvement se transmettait du second arbre aux roues au moyen de bielles d'accouplement. Le poids

de la locomotive prête à servir n'était que de 4064 kil. Les faibles dimensions de ses différentes parties semblent avoir à peine été suffisantes en général. Par exemple, l'arbre de la manivelle n'avait que $0^m,040$ de diamètre. M. Cramp constate que dans une épreuve préliminaire de cette machine avec sa charge, à la fin de 1874, sur le Railway de Manchester et Sheffield, on a atteint une vitesse de 24 kilomètres à l'heure sur des rampes variant de 1 sur 200 à 1 sur 80.

La machine fut envoyée à Bruxelles, où elle devait traîner un car à voyageurs à un cheval. M. Vaucamps, directeur de la compagnie des chemins de fer belges sur rues, écrivant au sujet des résultats des expériences à la fin de 1874, constatait que le système était parfait. « En effet, pas de bruit, pas de fumée, pas de vapeur s'échappant dans l'atmosphère, pas de renouvellement d'eau dans le voyage; souvent même on pouvait au besoin n'en remettre qu'au bout de plusieurs jours. » M. Spée, écrivant en Décembre 1875 (1), n'émet pas une opinion tout à fait aussi favorable; mais « il est convaincu que le moteur, légèrement modifié, donnerait de bons résultats. Il serait nécessaire au moins d'employer deux cylindres. [Il voulait sans doute dire deux systèmes de cylindres combinés.] La pression de 35 atmosphères, qui rend difficile l'entretien des joints, ne semble pas indispensable. Le condenseur, ajoute-t-il, « n'agit pas d'une manière efficace; car les rangs extérieurs des tubes, masquant les autres, empêchent qu'ils ne se refroidissent suffisamment. » M. Vaucamps semble avoir, dans la suite, adopté une manière de voir analogue; car, en 1875, il adapta à la machine deux systèmes de cylindres combinés, avec un mode de transmission par frottement lourd et compliqué, afin de pouvoir faire mouvoir la locomotive dans les deux sens; cette transmission donna naissance à des chocs violents. « Après avoir essayé ce mode de transmission pendant quelque temps, » dit M. Spée, « M. Vaucamps se décida à démonter la machine en morceaux et à la vendre comme vieux fer. »

La locomotive pour tramway de M. Perkins est représentée dans la Pl. XIII, conformément aux dispositions et détails qu'il a récemment étudiés lui-même. Nous la décrirons dans la suite.

## Société Métallurgique.

Suivant M. Spée, la Société Métallurgique et Charbonnière, en Belgique, construisit en 1875 une locomotive munie d'une machine à trois

(1) *Exploitation des chemins de fer américains par traction mécanique*, p. 12.

cylindres du système Brotherhood. Dans le premier projet, la grande vitesse de la machine était réduite au moyen d'une vis sans fin et d'une roue, en vue d'éviter le bruit. Mais cette transmission se brisa plusieurs fois et on trouva que le frottement et l'usure étaient si considérables que, dans un second projet, on effectua la réduction de la vitesse au moyen d'un engrenage droit à roues droites. De la manivelle du dernier arbre moteur, le mouvement était transmis aux roues au moyen de bielles d'accouplement. On avait aussi fixé un volant sur le premier arbre de la machine afin d'éviter le bruit de la transmission. Cette locomotive ressemble extérieurement à un omnibus; la caisse a 2$^{m}$,184 de long et 2$^{m}$,032 de large; la longueur totale du train est de 3$^{m}$,505. Il y a quatre roues couplées, dont les essieux sont à 1$^{m}$,092 de distance d'axe en axe. La chaudière est du type Belleville, « inexplosible, » et se compose de tubes remplis d'eau disposés pour une évaporation rapide, avec le tirage naturel de la cheminée seulement. Elle est alimentée automatiquement par un petit cheval. La vapeur est légèrement surchauffée; elle est évacuée dans un condenseur de surface, d'où la partie non condensée, mélangée d'air, est envoyée dans la cheminée. Le principe du condenseur consiste à diviser la vapeur d'exhaustion en un assez grand nombre de jets qui attirent chacun par un ajutage conique des courants d'air pour condenser la vapeur. La locomotive pèse 6 096 kil., et elle porte sa provision de coke et d'eau pour 6 400 à 8 000 mètres. On a trouvé que la condensation se faisait d'une manière imparfaite quand l'atmosphère n'était pas chaude ou sèche; et dans une autre locomotive du même genre construite subséquemment, l'aire de la surface condensante a été portée à cinq fois ce qu'elle était dans la première machine. Pour faciliter le graissage des cylindres, ils sont installés horizontalement sur la plate-forme près du conducteur. Le chauffeur qui prend place sous l'abri, s'occupe du feu et de l'eau.

En Août 1875, une locomotive de tramway, construite par un ingénieur danois, M. A. Kohl, a été essayée à Copenhague, sur le tramway exploité par la compagnie des omnibus américains. En état de service, elle pesait à peu près 5 080 kil. et menait deux cars américains remplis de voyageurs.

### Smith et Mygind.

En Décembre 1875, MM. Smith et Mygind, de Copenhague, ont construit une locomotive de tramway, qui a été mise en service sur les tramways de Copenhague pour mener des cars à voyageurs. Suivant

M. Spée, la chaudière était du type de celles des locomotives, et on avait employé des cylindres combinés. La vapeur d'échappement était condensée dans un condenseur de surface, contenant une quantité d'eau suffisante pour durer une heure.

## Francq.

En 1875, M. Léon Francq a fait breveter une locomotive à eau chaude qui comporte quelques perfectionnements par rapport à celle du Dr Lamm. Le réservoir a $1^m,143$ de diamètre et environ $2^m,032$ de long, il est aux trois quarts rempli d'eau — $1^{mc},415$ à $1^{mc},698$; — il est mis en communication avec une ou plusieurs chaudières fixes, d'où la vapeur lui vient dans l'eau par un tuyau percé de trous. Dans les chaudières, la vapeur a une pression de $10^k,968$ par centimètre carré; dans le réservoir on en obtient une de $9^k,492$ par centimètre carré. Si l'on maintenait la communication pendant un temps suffisamment long, la pression dans le réservoir deviendrait égale à celle des chaudières; mais la quantité de chaleur absorbée et l'élévation de la pression diminuent graduellement à mesure que la pression augmente, et, pour économiser le temps, on trouve qu'il vaut mieux arrêter l'opération du chauffage à une limite de température et de pression moindre que celle qui existe dans les chaudières. La vapeur du réservoir est reçue dans une chambre intermédiaire où elle est maintenue à une pression fixe dont le degré est réglé par un registre de vapeur. Il y a deux cylindres verticaux d'environ $0^m,152$ de diamètre, avec une course d'environ $0^m,305$, qui donnent le mouvement à un arbre à manivelle intermédiaire et par suite aux quatre roues, au moyen de bielles d'accouplement. Un système de trains doubles facilite le passage dans les courbes. La locomotive est sous l'action d'un frein à huit sabots ou patins qui s'appliquent successivement sur les roues. L'arrêt se fait ainsi promptement et sans choc. La vapeur d'échappement est envoyée dans deux condensateurs de surface, à air — un de chaque côté du car — qui se composent chacun d'une série de petits tuyaux en cuivre. On a l'intention de lui donner trois cylindres qui agiront comme cylindres combinés. Cette locomotive est lourde; vide, elle pèse 6604 kil., et pleine, 8433 kil.

Dans les essais de cette machine sur le tramway entre Saint-Augustin et le boulevard Bineau — sur une longueur de 4000 mètres, — elle remorquait un omnibus de 2000 kil. avec huit voyageurs. On observa que la pression dans le réservoir tombait de $10^k,968$ à $3^k,515$ par centimètre carré pendant le parcours aller et retour, qui était d'environ 8 kilomètres.

Pendant les dix premières minutes de marche, on n'apercevait aucune émission de vapeur de la machine; mais, dans la suite, il s'en échappait une quantité considérable qui fut une cause d'ennui pour les voyageurs qui se trouvaient dans le car suivant mené par des chevaux.

Dans les machines Francq, du modèle le plus récent, construites par M. Cail, les roues ont $0^m,762$ de diamètre, et les essieux sont à une distance de $1^m,30$ l'un de l'autre, pour que la machine puisse passer facilement dans des courbes de 15 mètres de rayon. Le réservoir cylindrique est en tôle d'acier, épaisse de $0^m,014$; il a 1 mètre de diamètre et 2 mètres de long. La limite de pression qu'on a autorisée est de $14^k,976$ par centimètre carré, à peu près 15 atmosphères. Le réservoir est entouré de liége et de bois. Le régulateur est disposé de telle sorte que le conducteur peut, avant de partir, fixer la pression maximum de la vapeur sur les pistons; il peut aussi réduire la pression au-dessous du maximum suivant les exigences de la machine. Avant de s'échapper dans l'atmosphère, la vapeur est envoyée dans une boîte en fer et de là dans un condenseur disposé à la surface du réservoir.

Il peut être bon d'indiquer les avantages que M. Francq attribue formellement à sa machine : 1° production de vapeur à bas prix dans une chaudière fixe, en employant le charbon tel qu'il vient des mines; 2° réduction du poids mort, puisque la machine ne porte pas de combustible; 3° emploi d'une forte pression pour monter les rampes et suppression de vapeur pour descendre les pentes; 4° réduction du personnel, un seul homme pouvant conduire la machine et surveiller la voie en avant.

## Todd.

Au commencement de 1875, M. L.-J. Todd a construit un car à vapeur à eau chaude (*fig.* 119-120), dans lequel les réservoirs et le mécanisme sont sous le plancher du car. Il y a deux réservoirs ayant la forme de chaudières avec dômes; chacun d'eux renferme $0^{mc},849$ d'eau chaude, soit en tout $1^{mc},698$. Ils sont bien enveloppés de substance non conductrices. Les cylindres ont $0^m,229$ de diamètre, $0^m,203$ de longueur de course; ils sont reliés directement à une paire de roues. Il y a deux paires de roues de $0^m,61$, couplées pour avoir plus d'adhérence et dont les essieux sont distants de $1^m,372$. Les cylindres sont entourés de larges enveloppes où pénètre l'eau chaude dans laquelle ils sont immergés; ils sont ainsi entretenus à la température maximum du réservoir. De cette manière, la vapeur produit plus d'effet dans le cylindre et, dans

ajouter quelque chose pour la quantité ordinaire de vapeur condensée dans le cylindre — (12 p. 100 de la quantité indiquée, quand on arrête l'admission à mi-course) — et la quantité totale de la vapeur consommée est la suivante :

$$S = \frac{\frac{\pi}{2} d^2 L \times 1\,000}{\pi D \times 1\,000\,000} \times \frac{112}{100} = \frac{0{,}00056 d^2 L}{D}. \qquad (3)$$

C'est-à-dire *pour trouver le volume moyen de vapeur réellement consommé par kilomètre quand on arrête l'admission à une demi-course* en moyenne, multipliez le carré du diamètre du cylindre exprimé en centimètres par la longueur de course en centimètres et par 0,00056; puis divisez ce produit par le diamètre des roues motrices exprimé en mètres. Le quotient sera le volume moyen (en mètres cubes) de vapeur consommée par kilomètre.

La quantité équivalente d'eau qu'il faut évaporer pour donner naissance à la vapeur ainsi calculée s'obtient en divisant le volume de la vapeur par son volume relatif, c'est-à-dire par son volume comparé à celui de l'eau d'où elle provient. Ainsi :

$$W = \frac{0{,}00056\, d^2 L}{D \times \text{vol. rel.}}. \qquad (4)$$

W = le volume moyen de l'eau évaporée exprimé en mètres cubes.

C'est-à-dire *pour trouver le volume moyen de l'eau consommée par kilomètre, en arrêtant l'admission à la moitié de la course, en moyenne*, multipliez le carré du diamètre des cylindres exprimé en centimètres par la longueur de course en centimètres et par 0,00056; et divisez ce produit par le diamètre des roues motrices exprimé en mètres et par le volume relatif de la vapeur. Le quotient est le volume de l'eau en mètres cubes. (Pour obtenir le volume en litres aussi bien de la vapeur que de l'eau, il suffirait, dans les formules qui précèdent, de remplacer 0,00056 par 0,56.)

Pour faciliter les calculs de ce genre, nous donnons dans la table suivante les valeurs du volume et de la densité de la vapeur saturée. Elle est extraite d'une autre table plus complète dressée par l'auteur (1).

---

(1) Voir l'ouvrage : *A Manual of Rules, tables and data for Mechanical Engineers* 1877, page 387.

DENSITÉ, VOLUME ET VOLUME RELATIF DE LA VAPEUR SATURÉE.

| PRESSION par centimètre carré, au-dessus de l'atmosphère. | DENSITÉ OU POIDS d'un mètre cube. | VOLUME d'un kilogramme de vapeur. | VOLUME RELATIF ou mètres cubes de vapeur fournis par un mètre cube d'eau. |
|---|---|---|---|
| kil. | kil. | m. c. lit. | volume relatif. |
| 0 | 0,6086 | 1,462 | 1.642 |
| 0,351 | 0,8121 | 1,229 | 1.229 |
| 0,703 | 1,0011 | 0,996 | 996 |
| 1,055 | 1,1901 | 0,838 | 838 |
| 1,406 | 1,3743 | 0,726 | 726 |
| 1,547 | 1,4496 | 0,688 | 688 |
| 1,687 | 1,5249 | 0,655 | 655 |
| 1,828 | 1,5954 | 0,625 | 625 |
| 1,969 | 1,6691 | 0,598 | 598 |
| 2,109 | 1,7444 | 0,572 | 572 |
| 2,250 | 1,8148 | 0,550 | 550 |
| 2,390 | 1,8885 | 0,529 | 529 |
| 2,531 | 1,9606 | 0,509 | 509 |
| 2,672 | 2,0327 | 0,491 | 491 |
| 2,812 | 2,1048 | 0,474 | 474 |
| 2,953 | 2,1848 | 0,458 | 458 |
| 3,094 | 2,2473 | 0,444 | 444 |
| 3,234 | 2,3178 | 0,430 | 430 |
| 3,375 | 2,3915 | 0,417 | 417 |
| 3,515 | 2,4636 | 0,405 | 405 |
| 3,656 | 2,5358 | 0,393 | 393 |
| 3,797 | 2,6061 | 0,383 | 383 |
| 3,937 | 2,6750 | 0,373 | 373 |
| 4,078 | 2,7454 | 0,363 | 363 |
| 4,219 | 2,8176 | 0,353 | 353 |
| 4,359 | 2,8897 | 0,345 | 345 |
| 4,500 | 2,9601 | 0,337 | 337 |
| 4,640 | 3,0291 | 0,329 | 329 |
| 4,781 | 3,0995 | 0,321 | 321 |
| 4,922 | 3,1701 | 0,314 | 314 |
| 5,062 | 3,2421 | 0,308 | 308 |
| 5,203 | 3,3109 | 0,301 | 301 |
| 5,343 | 3,3814 | 0,295 | 295 |
| 5,484 | 3,4519 | 0,289 | 289 |
| 5,625 | 3,5207 | 0,283 | 283 |
| 5,765 | 3,5896 | 0,278 | 278 |
| 5,906 | 3,6601 | 0,272 | 272 |
| 6,047 | 3,7306 | 0,267 | 267 |

DENSITÉ, VOLUME ET VOLUME RELATIF DE LA VAPEUR SATURÉE (*suite*).

| PRESSION par centimètre carré au-dessus de l'atmosphère. | DENSITÉ OU POIDS d'un mètre cube. | VOLUME d'un kilogramme de vapeur. | VOLUME RELATIF ou mètres cubes de vapeur fournis par un mètre cube d'eau. |
|---|---|---|---|
| kil. | kil. | m.c. lit. | volume relatif. |
| 6,187 | 3,7660 | 0,265 | 265 |
| 6,328 | 3,8660 | 0,257 | 257 |
| 6,468 | 3,9341 | 0,253 | 253 |
| 6,609 | 4,0121 | 0,249 | 249 |
| 6,750 | 4,0734 | 0,245 | 245 |
| 6,890 | 4,1422 | 0,241 | 241 |
| 7,031 | 4,2095 | 0,237 | 237 |
| 7,382 | 4,3857 | 0,227 | 227 |
| 7,734 | 4,5571 | 0,219 | 219 |
| 8,086 | 4,7332 | 0,211 | 211 |
| 8,437 | 4,9015 | 0,203 | 203 |

Quand on connaît la puissance ordinaire d'évaporation du combustible brûlé sous la chaudière, — c'est-à-dire la quantité d'eau évaporée par kilogramme de combustible, ou la quantité de combustible nécessaire pour évaporer 1 mètre cube d'eau, — on peut facilement évaluer la quantité de charbon dépensé par kilomètre, d'après la quantité d'eau consommée. La puissance d'évaporation définie ci-dessus, s'exprime ordinairement en fonction du poids de l'eau évaporée par kilogramme de combustible.

Pour donner une application des règles, tables et déductions qui précèdent, prenons les locomotives construites par MM. Merryweather et fils, qui sont en service sur les tramways de Paris (réseau sud). Les cylindres ont $0^m,152$ de diamètre avec une course de $0^m229$; les roues motrices ont $0^m,610$ de diamètre. Le poids de la machine en état de service est de 4064 kil. et elle remorque un car chargé d'environ 7112 kil. Le poids total à mener est donc de 11178 kil.; et sur un palier avec une vitesse uniforme, la résistance totale, à raison de $13^k,392$ par 1000 kil., est de :

$$(13^k,392 \times 11,178) = 149^k,686 \text{ sur le rail.}$$

Pour trouver la pression équivalente sur les pistons nous employons la formule (2) qui nous donne la pression moyenne effective

$$p = \frac{DT}{d^2L} = \frac{61 \times 149,686}{15,2^2 \times 22,9} = 1^k,715 \text{ par centimètre carré } \left\{ \begin{matrix} 24^{\text{livres}},4 \text{ par} \\ \text{pouce carré} \end{matrix} \right\}.$$

D'après la table, pour produire une pression moyenne effective de $1^k,715$ par centimètre carré, les pressions initiales pour les différentes proportions de l'admission sont les suivantes :

*Pour une vitesse uniforme.*

Fermeture de l'admission aux 1/5, la pression initiale est $1,715 \times 3 = 5^k,145$
— 1/4, — $1,715 \times 2\ 1/2 = 4^k,288$
— 1/3, — $1,715 \times 2 = 3^k,430$

Pour le départ du train sur un palier, admettons qu'il faille quatre fois la force de traction ou quatre fois la pression moyenne nécessaire pour la vitesse uniforme — dans ce cas $589^k,744$ pour la traction ou environ $6^k,890$ de pression par centimètre carré dans les cylindres. — Alors :

*Pour le départ du train.*

En fermant l'admission aux 3/4, la pression initiale est $6^k,890 \times \frac{10}{9} = 7^k,664$
— 2/3, — $6^k,890 \times \frac{5}{4} = 8^k,578$

Si la pression dans la chaudière est de $8^k,437$ par centimètre carré, elle sera suffisante pour fournir les forces de traction limites qu'on vient d'indiquer.

Mais supposons que, sur le tramway, le montant de la rampe maxima soit de 1 sur 25. D'après le résultat énoncé plus haut, le poids total qu'on peut remonter sur cette pente se réduit à un quart du poids en palier. Pour pouvoir mener le même poids que sur un palier, il faudra donc que la pression moyenne dans les cylindres soit quatre fois plus forte qu'en palier, de manière à pouvoir développer une force de traction quadruple. C'est-à-dire qu'au lieu de la pression moyenne de $1^k,715$ par centimètre carré, il faudra une pression de $6^k,890$, la même que pour le départ du train en palier. Et nous venons de voir que pour développer cette pression, il faut que la pression initiale dans le cylindre monte à $7^k,664$ par centimètre carré, en supposant que la vapeur soit admise pendant les 3/4 de la course ; ou bien qu'elle soit de $8^k,578$ pour l'admission pendant les 2/3 de la course.

Cet exemple suffit pour donner une idée de l'étendue des efforts que peut développer une locomotive à vapeur pour tramways.

Cherchons maintenant par la formule (4) la quantité d'eau consommée sous forme de vapeur par kilomètre en supposant, comme nous l'avons admis, que la période moyenne d'admission soit la moitié de la course. En premier lieu, pour trouver le volume relatif qui entre dans la for-

mule, il faut déterminer la pression initiale dans le cylindre. Pour une pression moyenne de (24 livres 1/2 par pouce carré) 1k,715 approximativement, en arrêtant l'admission à moitié course, la pression initiale, d'après la table, page 234, est $(1,715 \times \frac{3}{2}) = 2^k,573$ par centimètre carré, en plus de l'atmosphère. Le volume relatif de la vapeur dans ce cas est 300. Dans la formule (3) faisons : $d = 15,2$, $L = 22,9$, $D = 0,61$ ; nous avons alors :

$$W = \frac{0,00036 \times 22,9 \times \overline{15,2}^2}{0,61 \times 300} = 0^{mc},009\,714.$$

La quantité moyenne d'eau consommée par kilomètre est donc $9^{litres},714$.

Pour déterminer la quantité de combustible (qui est du coke) brûlée par kilomètre par la machine de MM. Merryweather, on peut admettre, en l'absence de données positives, que 7 kil. d'eau sont évaporés par 1 kil. de coke. Le poids de l'eau étant de $9^k,714$, on trouve, en divisant par 7, un quotient de $1^k,387$ ; ce qui montre que la machine brûle $1^k,387$ de coke par kilomètre parcouru, en remorquant un poids de 11 000 kil., y compris celui de la machine. A cela, il faut ajouter une certaine quantité pour la mise en pression et pour les pertes accidentelles de vapeur et de combustible, — 10 p. 100 environ, — ce qui porte à $1^k,53$ la quantité de coke consommée par kilomètre.

On arrive de cette manière, et par un procédé simple fondé sur des données expérimentales générales, à déterminer d'une manière sensiblement exacte la quantité de coke réellement consommée par les machines en service à Paris. Elles brûlent environ 250 kil. de coke pour un parcours de 160 kilomètres, soit $1^k,56$ par kilomètre. C'est sensiblement la même quantité que celle que donne le calcul.

Les valeurs précédemment trouvées pour l'eau et le combustible fournissent les deux données suivantes :

*Consommation moyenne par 1 000 kilogrammes et par kilomètre.*

| | |
|---|---|
| Eau. . . . . . . . . . . . . . . . . . | $0^{litre},883$ |
| Coke. . . . . . . . . . . . . . . . . | $0^k,142$ |

# CHAPITRE III

## MACHINES DE TRAMWAYS, A EAU CHAUDE

Une masse d'eau, chauffée sous pression, engendre spontanément et dégage de la vapeur, quand on laisse baisser la pression. La température s'abaisse en même temps que la pression diminue, et la température et la pression se correspondent exactement, comme si la vapeur était engendrée par l'application de la chaleur à l'eau maintenue sous une pression donnée.

On peut déterminer les pressions et températures correspondantes en ayant recours à une table des propriétés de la vapeur d'eau saturée et calculer exactement la quantité de vapeur qui peut être engendrée pendant la diminution de température. Par exemple, supposons 1 kil. d'eau chauffée à 229° (centigrades), et nécessairement sous la pression de 28k,120, qui se refroidit à la température de 138°, sous une pression de 3k,515 par centimètre carré. La quantité de chaleur devenue libre peut se mesurer par l'abaissement de température (229 — 138) = 91°, et pour 1 kil. d'eau, la perte est de 91 unités. La chaleur ainsi dégagée est disponible pour évaporer de l'eau (par le fait, une certaine quantité de l'eau chauffée elle-même) et la transformer en vapeur. Mais les chaleurs totales (latentes) des deux vapeurs sont les suivantes :

| | Pression totale. | Température. | Chaleur latente totale (1). | Différence. |
|---|---|---|---|---|
| | 28k,120 | 229° | 676° | 447° |
| | 3 ,515 | 138 | 647 | 509 |
| Moyenne. . . | 15k,818 | — | — | 478° |

La différence moyenne, ou l'excès de la chaleur contenue dans la va-

(1) Formule de Regnault : $c = 606,5 + 0,305$ T. $c$ = chaleur latente en unités : T = température en degrés centigrades au-dessus de zéro.

peur sur la chaleur sensible est 478 unités par kilogramme de vapeur, et comme la quantité de vapeur dégagée par l'eau en passant de 229° à 138° est de 91 unités, il faudra (478 : 91) = 5k,25 d'eau chaude pour fournir la quantité de chaleur suffisante pour évaporer 1 kil. d'eau chaude. C'est-à-dire que sur 5k,25 d'eau chaude, il y en aura 1 kil. qui s'évaporera spontanément. En nombres ronds, un cinquième de l'eau chaude s'évaporera pendant que la température s'abaissera de 229° à 138°. Par un calcul semblable, on trouve que les quantités proportionnelles d'eau évaporée en laissant tomber la température à 138° et la pression à 3k,515 par centimètre carré, à partir d'autres températures et d'autres pressions, sont les suivantes :

| Pression totale initiale en kilogrammes par centimètre carré. | Température initiale. | 1 kil. d'eau évaporée par |
|---|---|---|
| 28k,120 | 229° centigr. | 5k,25 d'eau chaude |
| 24 ,610 | 221 — | 5 ,82 — |
| 21 ,090 | 214 — | 6 ,35 — |
| 17 ,575 | 205 — | 7 ,31 — |
| 14 ,062 | 194 — | 8 ,74 — |
| 10 ,546 | 181 — | 11 ,60 — |
| 7 ,031 | 164 — | 19 ,20 — |

On peut dire qu'en nombre rond un cinquième de l'eau chaude est évaporée, quand on passe d'une pression totale de 28k,120 à une de 3k,515 par centimètre carré, et qu'il en a un neuvième quand la pression passe de 14k,062 à 3k,515 par centimètre carré.

Sans aller plus loin, il est évident qu'entre les limites de 28k,120 et 14k,062 de pression initiale dans le réservoir descendant à 3k,515, il faut constamment porter sur la machine une quantité d'eau, en nombres ronds, de cinq à neuf fois supérieur à celle qui doit être convertie en vapeur; c'est une exigence qui fait que les locomotives construites suivant ce principe — celui de l'évaporation spontanée — sont incapables de remplacer les locomotives à vapeur ordinaires pour le service au grand air.

### Locomotive Cockerell, à eau chaude.

Une expérience pratique instructive a été faite en Juin 1874, par la Société J. Cockerell, de Seraing (Belgique), avec une de leurs locomotives de la catégorie destinée au service intérieur (1). La chaudière était

(1( *Annales industrielles*, 7 Février 1875, col. 175.

verticale, haute de $1^m,981$, et avait deux tubes à eau transversaux dans la boîte à feu; la cheminée partait directement de la boîte à feu, en traversant la chambre de vapeur. Il y avait deux cylindres de $0^m,203$ de diamètre, avec une course de $0^m,254$, et quatre roues couplées de $0^m,61$ de diamètre, distantes de $1^m,524$ d'axe en axe, et avec une largeur de voie de $1^m,50$. La capacité totale de la chaudière était de 1 mètre cube. Le poids de la machine en état de service était de 8750 kil., ou de 9000 kil. avec quatre ou cinq hommes.

*Première expérience.* La locomotive au repos en plein air. On mesurait $707^{litres},88$ d'eau froide dans la chaudière. Le feu était allumé et, au bout de $2^h,1/4$, on avait de la vapeur à une pression effective de 10 atmosphères. Le niveau de l'eau montait de $32^{mm},5$, ce qui correspondait à une dilatation de 1/33 du volume initial, en passant de la température de 13° à celle de 185°.

On éteignait alors le feu et on retirait la grille. On scellait hermétiquement la cheminée à sa partie supérieure. La porte du foyer était simplement fermée; il n'y avait pas de fermeture pour le cendrier. Le temps était beau, la température de 25° à l'ombre; et à cinq heures de l'après-midi la locomotive a été abandonnée à elle-même quand la pression initiale effective était de 9,40 atmosphères.

LOCOMOTIVE COCKERELL, A EAU CHAUDE.

*Locomotive au repos. Pression initiale effective 9,40 atmosphères.*

| TEMPS ÉCOULÉ. | | BAISSE DE PRESSION. | BAISSE DU NIVEAU. |
|---|---|---|---|
| h. | m. | atmosphères. | millimètres. |
| 0 | 10 ($5^h$ après midi) | 0,00 | 0,00 |
| 0 | 15 | 1,30 | 9,75 |
| 0 | 30 | 2,40 | 16,75 |
| 0 | 45 | 3,40 | 22,75 |
| 1 | 00 | 4,15 | 27,50 |
| 1 | 15 | 4,80 | 31,50 |
| 1 | 30 | 5,35 | 34,50 |
| 1 | 45 | 5,80 | 37,50 |
| 2 | 00 | 6,20 | 40,25 |
| 2 | 15 | 6,60 | 43,25 |
| 2 | 30 | 6,95 | 45,25 |
| 2 | 45 | 7,30 | 48,25 |
| 3 | 00 | 7,60 | 51,25 |
| 3 | 15 | 7,85 | 55,25 |
| 4 | 15 ($9^h,15$ du soir) | 8,40 | 67,00 |
| 16 | 00 ($9^h$ du matin) | 9,40 | 81,75 |

Au commencement des observations, alors que la pression effective était de 9,40 atmosphères, la chaudière contenait 681$^{\text{litres}}$,55 (ramenée à 13°). Au moment de la dernière observation, quand la pression était descendue à celle de l'atmosphère, et que la chaudière était devenue assez froide pour permettre d'y tenir la main, la quantité d'eau (ramenée à 13°) qu'elle contenait montait seulement à 638$^{\text{litres}}$,22; ce qui montre qu'il y avait eu une perte de 43$^{\text{litres}}$,33 par les joints ou les robinets, quoiqu'il n'y ait eu aucune fuite apparente. On n'avait pas pris de grandes précautions contre le refroidissement. La surface de la boîte à feu en contact libre avec l'air montait à 4$^{\text{mq}}$,55; celle de la cheminée à 0$^{\text{mq}}$,31. Il est bon de remarquer que, tandis que la pression tombe rapidement au commencement, elle baisse moins vite à mesure qu'elle devient plus basse.

*Seconde expérience.* La locomotive seule devait parcourir, dans un sens et dans l'autre, une portion de railway longue de 504$^{\text{m}}$,74, et composée de deux parties droites reliées par une légère courbe. La ligne était à peu près de niveau; elle avait une faible pente d'environ 0$^{\text{m}}$,0025 par mètre, à une de ses extrémités. Elle était en bon état, mais renfermait plusieurs aiguilles et croisements.

On obtenait de la vapeur à une pression effective un peu supérieure à 10 atmosphères, dans un espace de temps de 2 heures et demie après l'allumage du feu. On retirait alors le feu et l'on fermait hermétiquement l'ouverture de la cheminée autour du tuyau d'émission qui était prolongé verticalement au travers de cette cheminée. On empêchait ainsi la circulation de l'air froid au travers de la chaudière. La porte du foyer était fermée, mais le cendrier restait ouvert. Les robinets des cylindres ont été ouverts pendant quelque temps au départ, et l'admission de la vapeur a été arrêtée à 80 p. 100 de la course. Durant le trajet, l'admission variait de 60 à 70 p. 100. Pendant la dernière course, il a fallu recourir à l'admission maxima, avec le régulateur tout grand ouvert. La machine portait quatre ou cinq hommes.

Il soufflait un léger vent, et pour en neutraliser les effets, aussi bien que ceux de la gravité, la machine devait faire plusieurs fois le parcours dans un sens ou dans l'autre. La pression effective au commencement montait à 10,30 atmosphères; la chaudière contenait 705$^{\text{litres}}$,33 d'eau (ramenée à la température de 13°) et 203$^{\text{litres}}$,15 de vapeur. A la fin du dernier voyage pour revenir au point de départ, la pression effective était de 1 atmosphère; il restait 613$^{\text{litres}}$,308 d'eau ramenée à 13° et 376$^{\text{litres}}$,31 de vapeur. L'abaissement total de la pression était donc de 9 atmosphères, la quantité d'eau consommée montait à 92$^{\text{litres}}$,03. Voici les résultats de l'expérience :

*Locomotive seule en mouvement. Pression initiale effective* 10,30 *atmosphères.*

| TEMPS ÉCOULÉ. | DISTANCE TOTALE parcourue. | VITESSE MOYENNE à chaque voyage. | ABAISSEMENT de la pression. |
|---|---|---|---|
| minutes. | mètres. | kilom. par heure. | atmosphères. |
| 0 | 0,00 | 0,000 | 0,00 |
| 3 | 504,74 | 10,154 | 2,30 |
| 5 | 1009,48 | 15,191 | 3,80 |
| 7 | 1514,22 | 15,191 | 5,05 |
| 9 | 2018,96 | 15,191 | 6,10 |
| 12 | 2523,70 | 10,154 | 7,05 |
| 15 | 3028,44 | 10,154 | 7,90 |
| 18 | 3533,18 | 10,154 | 8,65 |
| 23 | 4037,92 | 6,082 | 9,30 |

A la fin du dernier voyage, la machine a été poussée à destination par deux hommes sur l'espace de quelques mètres.

La longueur totale parcourue a été de 4037$^{m}$,92 et l'eau consommée à raison de (92,03 : 4037,92) = 22$^{litres}$,792 par kilomètre. En admettant une puissance d'évaporation de 7 kil. d'eau par kilogramme de combustible, la quantité de combustible brûlé, si la vapeur avait été engendrée pendant le voyage, serait montée à (22$^{k}$,79 : 7) = 3$^{k}$,254 par kilomètre, soit à (3,254 : 9 tonnes) = 0$^{k}$,377 par tonne de poids brut et par kilomètre.

On a observé que, bien qu'on ait vu très-peu d'eau entraînée par la vapeur de sortie quand la pression était élevée, elle augmentait notablement en quantité quand la pression avait baissé.

*Troisième expérience.* La locomotive, remorquant un wagon, devait parcourir la ligne d'expérience dans un sens et dans l'autre.

Immédiatement après la dernière expérience, la machine a été remise en pression. En 1$^{h}$,10$^{m}$, on avait une pression de 10 atmosphères ; en même temps la chaudière avait été remplie. On retira le feu et la cheminée fut scellée comme ci-dessus. On avait accouplé à la machine un wagon ordinaire, dans les conditions habituelles. Il avait quatre roues de 1 mètre de diamètre, placées avec 2$^{m}$,972 de distance entre les essieux. Il était muni d'un frein à vis et son poids, augmenté d'une petite charge, était de 8940 kil. Le pois total traîné était donc le suivant :

| | |
|---|---|
| Locomotive. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 9144 kil. |
| Wagon. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 8940 |
| Total. . . . . . . . . . . . . . . . | 18084 kil. |

La pression initiale effective dans la chaudière était de 10 atmosphères et demie ; à la fin elle n'était plus que de 2$^{at}$,30. Il y avait 705$^{litres}$,33 d'eau dans la chaudière au commencement de l'expérience et 620$^{litres}$,38 à la

fin, après qu'on eut fait six voyages; ce qui montre qu'on avait consommé 84$^{litres}$,95 pendant l'expérience.

*Locomotive et wagon en mouvement. Pression initiale effective* 10,50 *atmosphères.*

| TEMPS ÉCOULÉ. | DISTANCE TOTALE parcourue. | VITESSE MOYENNE à chaque voyage. | ABAISSEMENT de la pression. |
|---|---|---|---|
| minutes. | mètres, | kilom. à l'heure. | atmosphères. |
| 0,0 | 0,00 | 0,000 | 0,00 |
| 2,5 | 504,74 | 12,117 | 1,85 |
| 5 0 | 1009,48 | 12,117 | 3,50 |
| 7,5 | 1514,22 | 12,117 | 5,00 |
| 9,5 | 2018,96 | 15,191 | 6,25 |
| 12,5 | 2523,70 | 10,154 | 7,30 |
| 15,5 | 3028,44 | 10,154 | 8,20 |

La distance totale parcourue était de 3028$^{m}$,45 et l'eau avait été consommée à raison de (84,95 : 3028,44) = 28$^{litres}$,051 par kilomètre; en calculant comme plus haut. on trouve que le combustible brûlé aurait été de 4$^{k}$,007 par kilomètre, ce qui équivaut à 0$^{k}$,223 par tonne de poids brut et par kilomètre.

On voit que l'effet utile de la machine a été plus économique dans la dernière expérience; car l'addition du wagon n'a donné qu'une faible augmentation de l'eau consommée. L'économie relative de vapeur dans la troisième expérience est due à la pression plus élevée qu'il a été nécessaire d'employer dans les cylindres pour surmonter la résistance due au plus grand poids à traîner et, comme conséquence, à l'effet plus considérable de la vapeur contre la résistance constante de l'atmosphère. Des résultats de la troisième expérience on déduit les données suivantes :

LOCOMOTIVE A EAU CHAUDE.

Consommation moyenne par 1000 kil. de poids brut et par kilomètre :

0$^{k}$,223 de coke (pour échauffer l'eau).
1 ,558 d'eau.

La distance parcourue pour ces proportions de consommation était de 3 kilomètres, sur une ligne de tramway pratiquement en palier.

Ces résultats ne supportent pas avantageusement la comparaison avec ceux de la machine Merryweather, p. 261; nous avons vu que cette locomotive circulant sur un tramway ne consomme que 0$^{k}$,142 de coke pour surmonter la résistance plus grande du tramway et gravir les rampes; tandis que dans l'expérience que nous venons de rapporter pour l'eau chaude, 0$^{k}$,223 de coke est l'équivalent de la quantité d'eau consommée sur un railway à peu près en palier.

# CHAPITRE IV

## MACHINES A AIR COMPRIMÉ

Les machines à air comprimé n'ont leur puissance que de seconde main; au point de vue du rendement, elles travaillent donc avec moins d'avantage que les locomotives à vapeur qui produisent et dépensent simultanément leur force. La machine de propulsion emporte avec elle une provision d'air préalablement comprimé; celui-ci est graduellement distribué aux cylindres moteurs où il travaille en se détendant, et d'où la force est transmise aux roues motrices par un mécanisme semblable à celui d'une locomotive à vapeur. Si les actions inverses — de comprimer de l'air et de le faire travailler par détente — pouvaient s'effectuer aux mêmes températures, aux mêmes pressions et sous les mêmes volumes, le travail produit par l'expansion serait la reproduction exacte, mais en sens inverse, du travail dépensé pour la compression; et le rendement du compresseur et du moteur combinés serait égal à 100 p. 100, en ne tenant pas compte des pertes par le frottement ou le jeu des organes. Mais, dans les conditions de la pratique, la température initiale pour l'expansion ne dépasse pas celle de l'atmosphère; et en faisant travailler l'air par détente de manière à le ramener à la pression atmosphérique, même dans les mêmes limites de pression, les volumes sont plus petits, puisque les températures sont plus basses. L'effet utile doit donc être moindre que 100 p. 100.

Quand on comprime l'air mécaniquement, sa température s'élève; et si l'on ne laissait rien perdre de la chaleur ainsi produite, l'air serait comprimé « adiabatiquement. » Si l'on soumet de l'air à la compression de manière que la pression soit doublée, triplée, etc., ou de manière qu'en prenant la pression initiale à 16°,6 comme unité, les pressions relatives soient entre elles comme

2, 3, 4, 5, 10;

les températures finales sont

$$81°,1, \quad 125°,5, \quad 160°,5, \quad 189°,4, \quad 292°,8.$$

On peut remarquer ici qu'en prenant la température initiale à 16°,6 comme unité, les températures finales sont, avec une approximation assez grossière, comme

$$3, \quad 4, \quad 5, \quad 6, \quad 9.$$

En pratique, comme on l'a dit, l'air ne peut pas être employé à ces températures élevées. Et, par le fait, la radiation et la conductibilité le ramènent à la température de l'atmosphère ambiante, avant qu'on ne le fasse travailler. La perte d'effet utile par la chute de la température de l'air comprimé depuis la température absolue $T''$, due à la compression, jusqu'à la température atmosphérique absolue $T$ est simplement la proportion qui exprime le rapport de cette chute $(T'' - T)$ à la température plus élevée $T''$. Il en est ainsi, parce que le volume est proportionnel à la température absolue et que la chute de température $(T'' - T)$ exprime la perte de volume par la contraction, sous la même pression. Par exemple, en comprimant de l'air sec à 16°,6 à deux atmosphères de pression dans un vase non conducteur, la température s'élève à 81°,1, et la chute en revenant à 16°,6 est $(81°,1 - 16°,6) = 64°,5$. La perte d'effet utile due à cet abaissement de température est le rapport de 64°,5 à $(273° + 81°,1) = 354°,1$, la température absolue maxima (1) ainsi :

$$(273° + 81°,1) = 354°,1$$
$$(273° + 16°,6) = 289°,6$$

Différence ou perte. = 64°,5 = 18 p. 100 de la tempér. absolue maxima.
Reste. . . . . = 289°,6 = 82 p. 100 — —

L'effet utile ainsi réduit est ici de 82 p. 100. Prenons d'autres exemples. Pour des rapports de pression ou atmosphères

(1) La température absolue est une expression qui indique la mesure de la chaleur totale contenue dans un corps, à partir du bas de l'échelle de température. Le zéro de l'échelle de température absolue, ou le point de non-chaleur est à 273° en dessous du zéro de l'échelle du thermomètre centigrade (à 461° en dessous du zéro de l'échelle du thermomètre Fahrenheit); pour trouver la température absolue pour une température quelconque indiquée par le thermomètre centigrade, il faut ajouter 273° à cette température indiquée. Ainsi, dans le cas actuel, par exemple, la température absolue pour 16°,6 est $(273° + 16°,6) = 289°,6$.

2, 3, 4, 5, 10,

les températures finales de compression sont

81°,1, 125°,5, 160°,5. 189°,4, 292°,8,

et les pertes de température pour revenir à 16°,6, la température initiale pour la détente, sont

64°,5, 108°,9, 143°,9. 172°,8, 276°,2,

tandis que l'effet utile réduit est de

82 p. 100, 73 p. 100, 67 p. 100, 63 p. 100, 51 p. 100,

et que la perte est de

18 p. 100, 27 p. 100, 33 p. 100, 37 p. 100, 49 p. 100.

D'après cela, il est évident que moins le degré de compression exercée sur l'air est grand, moins la température s'élèvera, moins la chaleur perdue sera grande, et plus l'effet utile de la machine sera considérable.

De même que l'air soumis à une compression adiabatique peut prendre des températures impraticables, de même aussi l'air se détendant adiabatiquement, — c'est-à-dire se détendant derrière un piston, dans un cylindre non conducteur — peut descendre à des températures également impraticables.

Ainsi la température initiale étant de 16°,6, pour les rapports d'expansion adiabatique

2 3 4 5 10,

les températures finales sont :

– 36°,1, — 62°,7, — 80°,5, — 91°,6, — 125°.

Il est évidemment aussi impraticable d'utiliser une machine à air comprimé à des températures aussi basses, où la moindre goutelette d'eau ou d'huile serait congelée, qu'à des températures élevées comme celles qu'on a indiquées précédemment. Il faut donc des expédients pour maintenir l'élévation de température pendant la compression, dans des limites admissibles; et pour empêcher de même l'abaissement de la température pendant l'expansion de l'air comprimé. On y arrive, pour le premier cas, en entourant d'eau froide les pompes de compression et en injectant de l'eau froide en pluie fine dans la masse de l'air, pendant qu'elle subit la compression. Le Dr Colladon a probablement fait plus qu'aucun autre opérateur, pour améliorer et perfectionner les machines

de compression pour l'air. Dans celle qui fonctionne au tunnel du mont Saint-Gothard, à Airolo, et qui a été arrangée par lui, on a trouvé par expérience que, grâce aux moyens indiqués ci-dessus, l'élévation de la température de l'air condensé sous une pression de 10 atmosphères se trouvait limitée entre 19° et 30°. Les pistons avaient une course de $0^m,44$ et donnaient de 120 à 180 coups par minute, ce qui leur communiquait une vitesse de $79^m,25$ par minute. Une quantité d'eau froide, égale en volume au 0,001 de celui du cylindre, était injectée pendant chaque coup.

L'espace mort à chaque bout d'un cylindre comprimant de l'air affecte d'une manière sensible le rendement en air comprimé, en le réduisant dans une certaine mesure à une quantité moindre que le volume total du coup de piston ou de l'espace décrit par le piston pendant une course. Cet effet, la réduction du rendement, est évidemment dû à ce fait que l'air comprimé qui reste dans l'espace mort, après que la course du piston est terminée, se détend sur ce dernier pendant qu'il se retire et remplit le cylindre à lui tout seul et sans permettre l'entrée d'une nouvelle quantité d'air, jusqu'à ce que sa pression arrive, à un moment déterminé, à être égale à celle de l'atmosphère. La réduction de rendement, qui provient de cette cause, augmente quand la force de compression augmente elle-même. Dans une série d'expériences faites à Airolo avec les pompes déjà citées, qui avaient une course de $0^m,44$ avec un espace mort de 1/80 du volume de course et qui faisaient 64 tours à la minute, le rendement en poids d'air était seulement de 78 p. 100 quand, à l'aide de la pompe, on faisait passer l'air d'un réservoir de la pression de six atmosphères à celle de 7. A des pressions plus élevées, le rendement devint encore moindre, ainsi qu'il suit :

| Compression. | Rendement en poids d'air. |
|---|---|
| De 6 à 7 atmosphères. | 78 p. 100. |
| De 7 à 8 — | 74 — |
| De 8 à 9 — | 66 — |
| De 9 à 10 — | 59 — |

Au contraire, quand on fait travailler l'air comprimé en le faisant détendre, il faut empêcher l'abaissement de la température pour qu'elle n'atteigne pas le point de congélation, ou ne lui soit pas inférieure. C'est là une difficulté pratique bien connue quand on fait servir l'air comprimé en le laissant détendre. L'abaissement extrême de la température fait congeler l'humidité et durcir les lubréfiants sur le mécanisme. C'est pour cette raison que le travail de l'air par expansion se trouve confiné dans des limites très-étroites; et l'air est admis dans le cylindre à peu près pendant tout le temps de la course, de manière à réduire au minimum le refroidissement qui résulte de la détente. Le moyen le plus efficace

pour empêcher l'abaissement de température et en diminuer les inconvénients consiste à saturer l'air comprimé d'humidité ou de vapeur. D'après les recherches de M. Mallard, voici les rapports de détente auxquels l'air sec et l'air saturé d'humidité ou de vapeur peuvent être respectivement employés avant d'arriver à la température 0°.

DÉTENTE DE L'AIR SEC ET HUMIDE.

| TEMPÉRATURES | | RAPPORTS DE DÉTENTE | |
|---|---|---|---|
| Finale. | Initiale. | Air sec. | Air avec suffisamment d'humidité ou de vapeur. |
| | | Rapport. | Rapport. |
| 0° | 4°,45 | 1,05 | 1,10 |
| 0° | 10°,00 | 1,13 | 1,24 |
| 0° | 15°,56 | 1,22 | 1,38 |
| 0° | 16°,67 | 1,23 | 1,41 |
| 0° | 20°,00 | 1,28 | 1,50 |
| 0° | 21°.11 | 1,30 | 1,56 |
| 0° | 26°,67 | 1,37 | 1,75 |
| 0° | 32°,22 | 1,47 | 2,00 |
| 0° | 38°,78 | 1,57 | 2,28 |
| 0° | 43°,34 | 1,67 | 2,63 |
| 0° | 48°,90 | 1,76 | 3,00 |
| 0° | 54°,45 | 1,88 | 3,45 |
| 0° | 60°,00 | 2,00 | 4,00 |

Comme la vapeur se condense pendant la détente, la chaleur mise en liberté est absorbée par l'air.

On a vu que si la compression de l'air a été poussée à 10 atmosphères; la force utilisable dans une machine à air comprimé n'est que de 51 p. 100. Ajoutons que les effets utiles des machines elles-mêmes, — le compresseur et la machine qui doit donner ensuite de la force — sont des facteurs dans le calcul de leur effet résultant, et que si chaque machine rend 80 p. 100, le rendement des deux machines combinées est de $\left(\frac{80 \times 80}{100^2}\right) = 64$ p. 100 ou environ les deux tiers; et les 64 p. 100 de 51 p. 100 donnent 33 p. 100 pour le rendement de la combinaison du compresseur et de la machine travaillant à 10 atmosphères.

On trouve de même que pour une pression de deux atmosphères, l'effet utile est de 25 p. 100. Moins le degré de compression est élevé, plus l'effet utile est grand, parce que la perte proportionnelle due à la réduction intermédiaire de température est moins considérable. Dans la

pratique, en général, l'effet utile dépasse rarement 30 p. 100. Mais pour mieux préciser les relations entre la puissance primitive et l'effet final, nous donnons ci-dessous les effets utiles résultants déduits d'expériences directes sur des machines à comprimer l'air, à cylindres de 0m,406 de diamètre, et des machines à air comprimé munies de cylindres de 0m,254 avec admission des 3/4; ces machines ont été construites par MM. John Fowler et Cie, pour sir George Elliot; elles sont employées aux mines de houille de Powell Duffryn. Les cylindres à air étaient plongés chacun dans un bain d'eau froide, ouvert à la partie supérieure. Les effets utiles résultants ont été déterminés par la comparaison des mesures au frein dynamométrique sur la machine à air comprimé et des diagrammes faisant connaître la force exercée dans les cylindres à vapeur de la machine qui comprimait l'air (1).

La pression effective dans le récepteur a été de :

2k,811 2k,390 2k,004 1k,687 1k,336 par centimètre carré;

l'effet utile résultant était de :

25,8 27,1 28,5 34,9 44,8 p. 100.

### Car à air comprimé pour tramway, de M. Mekarski.

Au commencement de 1876, un car de tramway mû par l'air comprimé a été construit par M. Mekarski et essayé sur la ligne de Courbevoie dépendant des tramways nord de Paris. Comme aspect général, il ressemble au modèle des cars de la compagnie. La caisse a 3m,50 de long et tient 20 personnes à l'intérieur; il y a place aussi pour 14 voyageurs en dehors, sur une plate-forme spacieuse située à l'arrière. De l'air comprimé à 25 atmosphères est emmagasiné dans huit réservoirs cylindriques en tôle de 0m,305 à 0m,406 de diamètre, placés transversalement sous la voiture et reliés entre eux. Il y en a deux séries séparées. La capacité de la série principale est de 1 472litres,29; celle de la seconde série de 481litres,36. Un réservoir vertical, de 0m,356 de diamètre et d'environ 1m,524 de haut est placé sur la partie antérieure du car; il est aux trois quarts rempli d'eau chauffée à 171°, ce qui correspond à une

(1) La substance de ce chapitre sur les principes et l'action des moteurs à air comprimé est extraite de l'ouvrage de l'auteur. *A Manual of Rules, Tables and Data*, 1877, p. 898, et 914.

pression de 7k,242 par centimètre carré au-dessus de l'atmosphère. Quand on retire l'air comprimé des réservoirs pour le faire servir, il passe dans le réservoir d'eau où il se sature de vapeur. Le châssis du car est en fer; il a 1m,778 de large sur 5m,69 de long. Il est porté par deux paires de roues de 0m,711 de diamètre, placées à 2m,083 les unes des autres. L'une de ces paires est actionnée par deux cylindres de 0m,125 à 0m,152 de diamètre avec une course d'environ 0m,25. Le poids du car seul est de 4826 kil.; avec 30 voyageurs, il est de 7114 kil.

L'air est ramené à une pression de 5 atmosphères pour agir dans les cylindres. M. Mekarski calcule que la chute de pression de 25 à 5 atmosphères, suivie de la détente complète sur un piston jusqu'à la pression atmosphérique donne un effet utile de 62 p. 100 — (c'est-à-dire qu'il y a une perte de 38 p. 100) — mais qu'elle est compensée par le rechauffement de l'air pendant la détente, grâce à la vapeur qui lui est mélangée. La dépense pour réchauffer ainsi l'air n'est qu'une faible partie de celle qui correspond à la quantité totale de combustible brûlé. La quantité d'eau chaude fournie au réservoir du car est d'environ 84litres,94 à la température de 171°, et le car revient, avec environ 75litres,50 à 100°; la différence représente la consommation d'environ 1k,3 de combustible, tandis que celui qu'on brûle pour charger les réservoirs d'air comprimé monte à 14k,969. Le refroidissement de l'eau chaude et la diminution de pression de l'air dans le réservoir se produisent en même temps pendant le trajet; et de cette manière, les éléments du mélange peuvent être maintenus en proportions sensiblement constantes. On a constaté que la quantité d'air consommé ne dépasse pas 193litres,57 par kilomètre.

Le car Mekarski, en tant que moteur mécanique, fonctionne bien, sans fumée, sans vapeur, sans bruit. Mais il ne semble pas que la dépense d'exploitation en soit généralement connue.

### Car de tramway à air comprimé, de M. Scott-Moncrieff.

Le car de M. Scott-Moncrieff, qui est mû par l'air comprimé, ressemble en apparence à un car ordinaire de tramway. Les réservoir et le mécanisme sont portés sur un châssis en dessous du plancher du car. Les machines sont dans la partie centrale. Dans le premier car construit, et mis en service comme essai, vers le milieu de 1875, sur le tramway de la vallée de la Clyde, il y avait six réservoirs contenant de l'air comprimé — trois à chaque extrémité du car. L'air était fourni aux réservoirs à la pression de 24k,605 par centimètre carré. Il y avait deux cylindres

à air de 0m,151 de diamètre avec une course de 0m,336. La provision d'air passait dans un orifice étroit avant d'être admise dans les cylindres; l'admission était arrêtée, de manière que la détente se fît jusqu'à ce que la pression se réduisît à celle de l'atmosphère; l'air moteur était expulsé à cette pression. Le poids total du car était de 6 858 kil.; avec 40 voyageurs, il était de 10 668 kil. M. Scott-Moncrieff rapporte que pendant une épreuve qui a duré 14 jours, sur la ligne entre Govan et Paisley-Toll, les réservoirs étaient chargés, après chaque parcours de 4800 mètres, avec de l'air comprimé ayant une pression de 21k,800 par centimètre carré et qui servait jusqu'à ce que la pression fut descendue à 7k,031 ou 7k,734. La pression moyenne de l'air dans les cylindres était d'environ 1k,585. M. Scott-Moncrieff fait connaître que son car consommait par kilomètre de 7 040 à 8 800 litres d'air estimé à la pression atmosphérique et il pense qu'une machine de 150 chevaux suffirait à entretenir un service de 1 600 kilomètres par jour.

La machine de M. Scott-Moncrieff a repris pendant quelques semaines un service régulier sur la vallée de la Clyde au commencement de 1877. Des résultats de son expérience, il a conclu que le prix de revient de l'exploitation (y compris les gages des conducteurs, l'éclairage, le nettoyage) était compris entre 0f,194 et 0f,259 par kilomètre parcouru.

## Car à air comprimé du Major Beaumont.

MM. Greenwood et Batley sont engagés dans la construction du car à air comprimé du Major Beaumont. La pression initiale dans les réservoirs, qui ont une capacité de 1 840 litres, est de 70k,31 par centimètre carré. On a adopté une pression élevée parce que les constructeurs ont trouvé que l'effet utile est d'autant plus grand que la pression est plus forte. Cette conclusion en apparence est en contradiction avec les conclusions des autres expériences aussi bien qu'avec des données élémentaires que nous avons considérées. Elle s'explique ici par l'emploi d'une machine compound à quatre cylindres, où l'air se détend successivement depuis la pression initiale de 70k,31 par centimètre jusqu'à celle où il est envoyé dans l'atmosphère. Les volumes des cylindres successifs sont entre eux comme 1,3, 9,27; ils ont le rapport commun de 1 à 3, et l'on voit que, dans la machine, l'air peut se détendre jusqu'à 27 fois. Quand la pression baisse, le premier cylindre est fermé à l'air qui va directement au second; si besoin est, le second est fermé et l'air va directement au troisième et finalement au quatrième. M. Greenwood fait

remarquer qu'on peut ainsi tirer la même puissance de la machine, sous une pression décroissante. Il a calculé qu'on perd les 4/5 de la force de la vapeur employée à la compression, mais il espère réduire la perte aux 2/3 et conserver 1/3 de la puissance de la vapeur comme travail utile effectué. La force en chevaux que donne un pied cubique d'air ($0^{mc}$,028315) à une pression de $70^{k}$,31 est d'environ 5 chevaux. La machine ci-dessus mentionnée a parcouru 10460 mètres avec un poids de 4 à 5000 kil. Mais M. Greenwood estime qu'avec un réservoir de 2831 litres de capacité, complètement chargé, on pourrait parcourir 16000 mètres. Le poids d'une pareille machine serait de 4000 à 4500 kil.

---

# CHAPITRE V

## LOCOMOTIVES DE TRAMWAYS, DE MM. MERRYWEATHER ET FILS, DE LONDRES

(PLANCHE X, XI)

MM. Merryweather et fils construisent trois classes de locomotives pour les tramways :

1. Cylindres, $0^m,152$ de diamètre ; course, $0^m,229$ ; roues, $0^m,61$ de diamètre. Poids à vide, $3\,302^k$ ; en état de service, $4\,064^k$.
2. Cylindres, $0^m,178$ de diamètre ; course, $0^m,278$ ; roues, $0^m,61$ de diamètre. Poids à vide, $5\,486^k$ ; en état de service de $6\,096^k$ à $6\,604^k$.
3. Cylindres, $0^m,190$ de diamètre ; course, $0^m,305$ ; roues, $0^m,61$ de diamètre. Poids à vide, $6\,604^k$ ; en état de service, de $7\,620^k$ à $8\,128^k$.

La pression dans la chaudière est de 8 atmosphères, ou nominalement de $8^k,437$ par centimètre carré. Les résultats maxima garantis sont respectivement les suivants : la locomotive

| | |
|---|---|
| 1. Mène un car chargé, pesant $7\,112^k$ sur une rampe de. . . . . . . . | 1/30 |
| 2. Traîne un car chargé, pesant $7\,112^k$ sur une rampe de. . . . . . | 1/18 |
| ou deux cars pesant $14\,224^k$ sur une rampe de. . . . . . . . . . | 1/30 |
| 3. Traîne deux cars chargés, pesant $14\,224^k$ sur une rampe de. . . . | 1/16 |
| ou trois cars chargés, pesant $21\,336^k$ sur une rampe de. . . . . . | 1/20 |

Des machines de la troisième classe ont remorqué, en service régulier, trois cars sur une rampe de 1/18.

### Paris.

Les locomotives de MM. Merryweather et fils, actuellement employées au nombre de trente-six sur les Tramways sud de Paris, ont, comme on l'a déjà dit, deux cylindres de $0^m,152$ de diamètre avec une course de $0^m,229$. Ces cylindres sont placés horizontalement en dedans du bâti et sont reliés à des manivelles ménagées sur l'essieu moteur. Il y a deux paires de

roues couplées en acier fondu, de $0^m,61$ de diamètre, dont les essieux sont distants de $1^m,40$ d'axe en axe. L'orifice de la soufflerie est de forme annulaire; il a une aire de 6,45 centimètres carrés, soit environ le 1/28 de l'aire des pistons. La longueur du châssis est d'environ $2^m,44$ et sa largeur de $1^m,83$. La longueur entre les tampons, qui sont au centre de la largeur, est d'environ $2^m,70$. Le poids est porté sur des ressorts à boudins placés deux par deux au-dessus de chaque fusée. Les tampons et ressorts de traction sont en caoutchouc; placés à chaque extrémité, ils sont bien reliés au bâti; le point d'attache a été pris aussi près du centre de la machine que cela était pratiquement possible. Une tige d'attelage placée dans ces conditions rend la traction bien plus facile que quand le point d'attache est plus éloigné. Le frein de la machine se compose de sabots en fonte appliqués un à chaque roue. La machine tout entière est renfermée dans une large boîte de bois construite comme une espèce de car très-court, et ayant plusieurs fenêtres. La boîte à feu a $0^m,61$ de large sur $0^m,457$ de long. Le corps cylindrique de la chaudière a $0^m,838$ de long et $0^m,686$ de diamètre; il contient 65 tubes à fumée, de $0^m,044$ de diamètre et de $0^m,914$ de long.

| | |
|---|---|
| Surface de chauffe dans la boîte à feu. | $1^{mc},48$ |
| — dans les tubes. | 8 ,30 |
| Total. | $9^{mc},78$ |
| Aire de la grille du foyer. | 0 ,278 |
| Rapport de la grille à la surface de chauffe. | 1/35 |

La pression dans la chaudière est nominalement de 8 atmosphères ou de $8^k,437$ par centimètre carré; mais, en service, la pression est généralement maintenue à 6 atmosphères ou à $6^k,328$ par centimètre carré. L'admission varie du quart au tiers de la course. La longueur du trajet entre la Bastille et la gare Montparnasse est de 6 437 mètres, sur lesquels la pente maximum est de 1/50, tandis qu'il y a d'autres pentes plus longues qui varient de 1/60 à 1/70. La vitesse est limitée légalement à 9 kilomètres par heure, mais accidentellement elle va jusqu'à $22^{kilom},5$ et 24 kilomètres, et la vitesse moyenne, y compris les arrêts, est de 13600 mètres à l'heure. Le poids de la machine à vide est de 3302 kilogr.; avec l'eau et le coke, elle pèse 4064 kilogr. Elle traîne un car qui pèse 7 112 kilogr. quand il est chargé, et elle peut avec ce poids gravir les rampes et s'arrêter, avec une pression de $6^k,328$ par centimètre carré dans la chaudière. Le combustible (coke) consommé par jour monte à 250 kilogr. pour une distance totale parcourue de 1 609 kilomètres, soit $1^k,55$ par kilomètre. Le combustible brûle relativement lentement. En supposant a vitesse moyenne en marche de 16 kilomètres à l'heure, la quantité de

coke brûlée par heure serait de $(1,55 \times 16) = 25$ kilogr., ce qui équivaut à environ 9 kilogr. par décimètre carré de grille. Dans la pratique ordinaire des locomotives sur les chemins de fer, la quantité de combustible brûlé par décimètre carré de grille et par heure est trois ou quatre fois plus considérable. Cette proportion relativement faible pour la machine Merryweather s'explique facilement par la vitesse relativement peu considérable et la réduction de la soufflerie et du tirage nécessaires pour engendrer la vapeur. Il est vrai que l'aire de l'orifice de la soufflerie n'est que le 1/28 de celle des pistons; c'est une fraction bien petite et il en résulterait une forte contre-pression sur les pistons, si la machine marchait à grande vitesse. Mais il faut remarquer que les pistons se meuvent à une vitesse relativement faible. Les roues qui ont $0^m,61$ de diamètre et $1^m,915$ de circonférence, font $(1000 : 1,915) = 522$ tours dans un kilomètre ou dans $(60 : 16)$ 3 minutes 45 secondes. Le nombre de tours par minute est donc $(522 : 3'45'') = 140$, et comme la double course des pistons est de $0^m,457$, leur vitesse est seulement de $(0,457 \times 140) = 64$ mètres par minute.

Les machines plus récemment construites pour le tramway de la Bastille à Saint-Mandé, et qui sont représentées dans la planche X, sont plus puissantes que celles qu'on vient de décrire. Elles ont des cylindres de $0^m,178$ de diamètre, avec une course de $0^m,279$ et des roues de $0^m,61$. La boîte à feu a $0^m,66$ sur $0^m,61$ et une surface de grille de $0^{m.c},6711$; elle a une surface de $2^{m.q},9151$; il y a 79 tubes à fumée de $0^m,044$ de diamètre extérieur et de $1^m,067$ de long, qui donnent une surface de chauffe de $13^{m.q},9037$. La surface totale de chauffe est de $16^{m.q},8188$, c'est-à-dire environ 35 fois l'aire de la grille. Le diamètre du corps cylindrique de la chaudière est de $0^m,762$; la longueur totale de la machine est de 2 mètres et celle de la base des roues de $1^m,372$. La forme du bandage des roues est celle que montre la section, *fig.* 98, p. 129.

On construit en ce moment des machines supplémentaires d'égale puissance pour d'autres lignes de tramways dans Paris, afin de desservir le trafic plus considérable qu'amènera l'Exposition prochaine.

Prises dans leur ensemble, les conditions au milieu desquelles fonctionne à Paris la machine Merryweather sont favorables pour sa durée et son entretien économique.

### Barcelone.

Les locomotives construites pour le tramway de Barcelone à Saint-Andrès, qui a 1 mètre de largeur de voie, sont représentées dans la

planche XI. Les cylindres ont un diamètre de $0^{m},152$, avec une course de $0^{m},229$ ; il y a quatre roues couplées de $0^{m},61$ de diamètre. La grille du foyer a $0^{m.q},2787$ de surface. Le corps cylindrique de la chaudière a $0^{m},686$ de diamètre ; il referme 96 tubes à fumée de $0^{m},044$ de diamètre et de $0^{m},914$ de long. La surface de chauffe de la boîte à feu a $1^{m.q},4864$, celle des tubes, $9^{m.q},5407$ ; soit en tout, $11^{m.q},0271$. Au-dessus se trouve une bâche contenant une provision de 1 363 litres d'eau froide pour condenser la vapeur. La vapeur, à sa sortie des cylindres, est envoyée dans un appareil semblable à un éjecteur, qui est situé à la partie inférieure de la machine ; l'eau y est amenée de la bâche, elle y rencontre la vapeur, la condense et revient à la bâche par un tuyau de retour. L'eau s'échauffe évidemment d'une manière graduelle, mais la condensation est complète ; on ne voit pas de vapeur s'échapper jusqu'à ce que la température de l'eau approche du point d'ébullition. Tout en conservant une puissance d'action réelle, une bâche remplie d'eau froide continue à opérer la condensation de la vapeur de sortie pendant deux heures, c'est-à-dire sur un parcours de plus de 16 kilomètres. La distance à parcourir avant que l'eau se soit échauffée, par exemple depuis $16^{\circ},6$ jusqu'à $82^{\circ},2$, se détermine aisément. La quantité de combustible consommé est de $1^{k},410$ par kilomètre ; en admettant que 1 kilogramme de combustible évapore 7 kilogrammes d'eau, la quantité de vapeur engendrée par kilomètre sera $(1,410 \times 7) = 9^{k},870$ ; supposons qu'elle soit envoyée au dehors sous une pression de $0^{k},211$ par centimètre carré. La chaleur totale d'un kilogramme de vapeur de $0^{k},211$ de pression effective par centimètre carré est de 620 unités quand on la compte à partir de $16^{\circ},6$, ou de 537 unités quand on la compte à partir de $100^{\circ}$. La chaleur moyenne totale par kilogramme de vapeur que la condensation doit extraire est de $[(620 + 537) : 2] = 578$ unités. Chaque kilogramme d'eau condensante absorbe $(82^{\circ},2 - 16^{\circ},6 : 6) = 65^{\circ},6$ unités de chaleur quand sa température monte de $16^{\circ},6$ à $82^{\circ},2$ ; et pour condenser 1 kilogramme de vapeur, la quantité d'eau nécessaire est $(518 : 65,6) = 8^{k},8$. Le poids total de l'eau dans la bâche est de 1 363 kilogr. et $(1363 : 8,8) = 155$ kilogr. est la quantité de vapeur qui peut être condensée par l'eau en question. Mais comme il y a $9^{k},870$ de vapeur consommée par kilomètre, la quantité d'eau ci-dessus durera pendant $(155 : 9^{k},870) = 16$ kilomètres, ce qui équivaut à 85 litres par kilomètre. Ce résultat du calcul s'accorde avec ceux que fournit la pratique.

Pour les cas où cela serait utile, on a aussi prévu un tuyau de soufflerie envoyant la vapeur dans la cheminée ; on a les moyens de diminuer l'aire de l'orifice à l'aide d'un tampon conique mû par un engrenage à crémaillère. Une tuyère placée dans le centre du tuyau souffleur permet

d'avoir aussi un jet de vapeur à volonté. Deux cônes tronqués sont placés l'un au-dessus de l'autre, par-dessus le tuyau souffleur et en bas de la cheminée; la vapeur dirigée verticalement vers le haut les traverse. Ils sont utiles pour produire le tirage aussi bien dans les tubes inférieurs que dans les plus élevés; ils aident à l'absorption de la vapeur d'évacuation par l'air chaud, de telle manière qu'elle sort invisible de la cheminée, excepté dans les temps très-froids; ils permettent ainsi de se dispenser du condenseur à eau.

Le tramway de Barcelone a été ouvert en Novembre 1877. Les machines remorquent chacune deux cars chargés sur des rampes de 1/30. Le trafic a augmenté si rapidement que les machines supplémentaires que doivent fournir les mêmes constructeurs auront des cylindres de $0^m,178$ de diamètre et la même puissance que les dernières qu'on a construites pour les tramways de Paris.

## Cassel, Rouen, Guernesey et Wellington (Nouvelle-Zélande).

Sur le tramway de Cassel, qui a été ouvert en Août 1877, ainsi qu'on l'a indiqué p. 129, les machines ont été fournies par MM. Merryweather et fils. Elles ont été construites avec des cylindres de $0^m,190$ de diamètre ayant une course de $0^m,305$. Elles mènent trois cars chargés sur une voie dont les pentes sont raides; quelques-unes atteignent 1/16.

Des machines des mêmes constructeurs fonctionnent sur le tramway de Rouen, qui a été ouvert en Novembre 1877. Les cylindres ont $0^m,152$ de diamètre, avec une course de $0^m,229$. Les machines remorquent un grand car chargé sur des rampes de 1/25.

A Guernesey, la Cour Royale a autorisé, en Décembre 1877, la construction de tramways qui doivent être exploités au moyen de la vapeur. Les travaux sont actuellement (Février 1878) en cours d'exécution, et une des machines de Merryweather a été mise en service sur la portion déjà terminée. Les mêmes constructeurs font en ce moment d'autres machines pour ce tramway.

Les premiers tramways de la Nouvelle-Zélande ont été récemment ouverts (Février 1878) à Wellington; nous en avons déjà parlé, p. 130. Les locomotives, fournies par MM. Merryweather et fils, ont des cylindres de $0^m,178$ de diamètre, avec une course de $0^m,279$. La voie a $1^m,067$ de largeur. On s'attend à un rapide développement des tramways dans les colonies.

# CHAPITRE VI

## LOCOMOTIVE AUXILIAIRE DE RAMPE, A CYLINDRES COMBINÉS, POUR TRAMWAYS, DE M. HENRY P. HOLT

(PLANCHE XII)

Dans sa locomotive de rampe pour les tramways, M. H. P. Holt a réuni une base de peu d'étendue formée par les roues, et un poids relativement léger en raison de la puissance maxima que la machine est capable de fournir. Les cylindres, au nombre de deux comme d'ordinaire, sont disposés de manière à agir comme cylindres combinés : l'un d'eux, le plus petit, est actionné par la vapeur à haute pression provenant directement de la chaudière; l'autre, plus large, reçoit la vapeur à pression moindre qui sort du précédent. Il y a deux régulateurs, un au-dessus de chaque cylindre; ils sont manœuvrés par un seul levier et disposés de telle manière que, pour le départ de la machine ou dans toute autre occasion où l'on a besoin de toute la puissance de celle-ci, la vapeur à haute pression qui provient de la chaudière peut être envoyée dans le second cylindre (qui est aussi le plus grand), aussi bien que dans le premier. La vapeur d'échappement de chaque cylindre est envoyée directement dans la cheminée ou dans le condenseur, suivant les cas.

Dans les conditions normales, quand la machine fonctionne comme machine à cylindres combinés, la vapeur admise dans le premier cylindre s'y détend partiellement; puis elle est envoyée dans un récepteur intermédiaire formé de trois larges tubes logés dans la chaudière. Elle y est, jusqu'à un certain degré, surchauffée ou réchauffée, et elle passe de là dans le second cylindre, où elle se détend en agissant sur le piston; elle est ensuite évacuée dans la cheminée ou dans un condenseur.

L'envoi de la vapeur au premier et au second cylindre respectivement peut être déterminé au moyen du régulateur dont on a déjà parlé et suivant la position du levier. Dans la première moitié du déplacement

qu'il peut recevoir, la vapeur est fournie à pleine pression aux deux cylindres, quand il est à sa position extrême; l'envoi au second cylindre diminue graduellement jusqu'à ce que, le levier étant à moitié course, la vapeur cesse complètement d'arriver au second cylindre, tandis qu'elle continue à aller sans diminution au premier. Le second cylindre continue évidemment à recevoir la vapeur qui lui vient du premier récepteur. Dans la seconde moitié de la course du levier, l'envoi au premier cylindre diminue graduellement jusqu'à ce que l'admission cesse complètement quand le levier est à l'autre extrémité de son parcours. Quand la vapeur arrive seulement au premier cylindre, l'envoi de ce récepteur au second cylindre est réglé de telle manière qu'il n'y ait que peu ou pas de pression entre les deux cylindres.

Il y a deux leviers de changement de marche qui peuvent être mus ensemble ou séparément pour faire varier d'une manière indépendante l'admission dans les deux cylindres. Au moyen d'un taquet, le levier qui commande la vapeur à haute pression est manœuvré et placé dans la position de mouvement en grand toutes les fois qu'il en est ainsi pour celui qui correspond à la vapeur à moindre pression.

On a augmenté la puissance de traction de la locomotive, sans en augmenter matériellement le poids, en y ajoutant un cylindre auxiliaire unique de machine à vapeur, auquel on donne une grande vitesse et qu'on emploie à faire mouvoir les roues du car qui suit; on utilise ainsi pour l'adhérence le poids de ce dernier. Le mouvement de la machine est communiqué aux roues du car par le moyen d'une chaîne sans fin qui passe sur des poulies fixées sur l'arbre de la machine et les essieux du car. On fait disparaître l'accouplement du car et de la machine en faisant glisser la chaîne hors des poulies.

La locomotive et le car sont attachés ensemble et maintenus à une distance régulière l'un de l'autre au moyen d'un tampon à ressort ajustable. Un mécanisme automoteur fait appliquer les freins sur les roues du car quand la machine et lui se rapprochent, et arrivent à être à une distance moindre que la distance normale. La machine aussi est munie d'un frein, qu'on n'a pas fait figurer sur les plans afin d'éviter la complication.

Pour empêcher la vapeur de sortir par les soupapes de sûreté, on diminue, quand cela est nécessaire, la chaleur dans la boîte à feu en ménageant aux gaz qui en proviennent une issue directe dans la cheminée. Cette issue est fournie par un carneau pratiqué dans la couronne de la boîte à feu, et fermé par une soupape qui s'ouvre ou se ferme suivant que la pression monte ou baisse dans la chaudière. Cette soupape est automotrice; elle est manœuvrée par un piston qui se meut dans un

petit cylindre ouvert à la pression de la vapeur de la chaudière, et qui s'avance dans un sens ou dans l'autre selon que la pression est au-dessus ou au-dessous de la force normale.

Le tirage au travers des tubes est égalisé par l'application d'une série de tuyères ayant la forme de cônes tronqués, qui sont placées verticalement dans la boîte à fumée en tête de l'about des tubes. Chacune d'elles attire les produits gazeux des tubes qui en sont le plus voisins. La vapeur d'eau d'évacuation est lancée verticalement dans la cheminée au travers de ces tuyères; elle se mélange intimement aux gaz qui sont amenés dans le courant par appel, et aux différents niveaux; elle est ainsi rendue entièrement, ou en grande partie, invisible. En même temps, comme on empêche la formation de tirages locaux excessifs au travers des tubes, il y a une bien moins grande proportion de poussière entraînée et rejetée par la cheminée. On emploie aussi des tuyères d'appel dans la cheminée pour mélanger davantage les produits gazeux avec la vapeur.

Pour empêcher qu'on ne voie la vapeur sortir de la cheminée au moment du départ, comme aussi pour étouffer le bruit des battements de l'émission, la vapeur est évacuée dans un récepteur où la pression est maintenue à peu près constante au moyen d'une tuyère à adaptation automatique. Son ouverture se proportionne à la quantité de vapeur qui passe; quand la pression baisse ou que la machine est arrêtée, la tuyère se ferme automatiquement et arrête l'évacuation jusqu'à ce qu'il y ait de la vapeur d'émission envoyée à nouveau et que la pression remonte dans le récepteur.

---

# CHAPITRE VII

## LOCOMOTIVE DE TRAMWAYS, A CONDENSATION, DE M. LOFTUS PERKINS, DE LONDRES

(PLANCHE XIII)

Dans la construction de sa locomotive à condensation, pl. XIII, M. Perkins a mis à profit les résultats de son expérience des locomotives de Bruxelles, dont on a déjà parlé, p. 236. Son nouveau moteur tient tout entier dans un espace de 3$^m$,048 de long, sur 2$^m$,134 de large et 2$^m$,946 de hauteur au-dessus du niveau des rails, non compris la cheminée qui a de 3$^m$,962 à 4$^m$,267 de haut. La base formée par les roues a 1$^m$,295 de long, et la largeur de voie est 1$^m$,435. La chaudière et les machines sont placées côte à côte dans le milieu et sont flanquées de deux condenseurs à air. Le mouvement se communique de l'arbre des manivelles à un arbre intermédiaire au moyen de roues dentées; et il est transmis de là à toutes les roues par des bielles d'accouplement.

La chaudière est verticale et construite suivant le système de tubes à eau de M. Perkins. Il y a neuf rangées de tubes en fer pliés de manière à avoir une forme oblongue, avec extrémités circulaires; ils ont 0$^m$,057 de diamètre intérieur et 0$^m$,0095 d'épaisseur. Ils sont reliés entre eux dans le sens vertical par de petits tubes de moindre diamètre. La chaudière est « absolument inexplosible. » La totalité de la surface de chauffe extérieure est de 8$^{mq}$,3609; l'aire de la grille est de 0$^{mq}$,2787. Le rapport de cette aire à la surface de chauffe est ainsi d'environ 1 sur 30. La pression de la vapeur dans la chaudière est de 35$^k$,15 par centimètre carré, quoique cette dernière soit construite pour supporter une pression maxima de 56$^k$,25 par centimètre carré. Avec du coke comme combustible, la cheminée suffit pour la production de la vapeur par le moyen du tirage naturel.

La machine se compose de deux cylindres à simple effet et d'un autre cylindre à double effet. Les deux cylindres à simple effet n'ont

qu'une seule tige de piston; la vapeur à la pression de $28^k,12$ est admise au-dessus du piston dans le premier cylindre qui est le plus petit; il a $0^m,079$ de diamètre. Dans le second cylindre ou cylindre intermédiaire, qui a $0^m,139$ de diamètre, elle se détend en dessous du piston; enfin elle est évacuée dans le cylindre à double effet qui a $0^m,190$ de diamètre. Le premier et le second cylindre fonctionnent ainsi ensemble comme un seul cylindre; et, avec le troisième, ils sont reliés à un arbre à manivelle qui a $0^m,229$ de course.

En combinant le premier et le second cylindre et en les faisant agir à simple effet, on a eu en vue d'éviter d'exposer les garnitures des tiges de piston à la température élevée que possède la vapeur quand elle est reçue au sortir de la chaudière. L'admission dans le premier cylindre a lieu pendant les trois quarts de la course; et pendant que sa température initiale à la pression effective de $28^k,12$ par centimètre carré est d'environ 232°, la pression descend par suite de la détente à un peu moins de $21^k,09$ quand la vapeur entre dans le second cylindre où la température n'excède pas 215°. Cette combinaison permet d'obtenir une détente suffisamment grande; car les volumes utiles des cylindres sont les suivants :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Premier cylindre.................. | | $49^{cc},481$ | est à 1 |
| Deuxième cylindre.................. | | 153 ,284 | 3.23 |
| Troisième cylindre ...... | $285^{cc},021 \times 2 =$ | 570 ,042 | 11,52 |

Si l'on admet que la détente dans le premier cylindre compense la réduction d'action expansive causée par les jeux des pistons, on peut compter que la vapeur peut être détendue à douze fois son volume initial avant d'être évacuée dans les condenseurs. Les cylindres sont entourés de chemises de vapeur en communication directe avec la chaudière; ce sont en réalité des tuyaux de petit diamètre intérieur enroulés autour des cylindres et pris de fonte dans la matière qui les constitue. La machine, la chaudière et la cheminée sont enveloppées d'une chemise non conductrice de noir végétal de $0^m,076$ d'épaisseur.

Les condenseurs se composent chacun d'un grand nombre de tubes en laiton de $0^m,012$ de diamètre extérieur et de $1^m,83$ de long, fixés sur une base creuse, à distance de $0^m,025$ d'axe en axe. La vapeur est envoyée dans la base creuse de chaque condenseur, d'où elle passe librement dans les tubes; ceux-ci sont à peu près fermés à leur partie supérieure où il reste seulement une partie de $0^m,0015$ de diamètre ouverte à l'atmosphère. Ils présentent une étendue de surface extérieure égale à $139^{mc},34$, et il a été établi que $13^{mc},93$ suffisent pour donner par heure $28^{litres},315$ d'eau provenant de la condensation de la vapeur, quand elle

passe de sa température de sortie à celle de l'air extérieur. Les condenseurs peuvent donc donner par heure 283$^{\text{litres}}$,315, ce qui laisse une marge bien suffisante. L'alimentation se prend dans l'eau de condensation. La température de condensation varie de 99 à 100° quand la provision d'eau s'est échauffée. La contre-pression dans le condenseur est d'environ 0$^{\text{k}}$,105 par centimètre carré au-dessus de l'atmosphère.

L'arbre intermédiaire est commandé par celui des manivelles, dans le rapport de 4 à 1, pour faire un tour quand celui des manivelles en fait quatre, et le mouvement est transmis, par des manivelles de 0$^{\text{m}}$,102 avec bielles d'accouplement, aux roues motrices qui ont 0$^{\text{m}}$,61 de diamètre. Un coulisseau ménagé dans chaque bielle permet le jeu des ressorts. Les boîtes à graisse de chaque paire de roues sont réunies de manière à former une seule pièce qui passe en dessous de toute la largeur de la machine.

Le poids de la locomotive vide est de 5 588 kil.; sur ce chiffre les condenseurs donnent pour leur part 508 kil. Le poids total, en état de service, avec le combustible et l'eau pour une journée de travail est de 6 096 kil.

On compte que l'emploi de cette locomotive donnera des résultats très-économiques. Dans une machine fixe avec chaudière construite dans le même système, on a obtenu une force de 18 chevaux en brûlant 13$^{\text{k}}$,608 de coke par heure, ce qui équivaut à 0$^{\text{k}}$,756 par cheval et par heure. La perte d'eau dans la machine n'est que de 22$^{\text{litres}}$,717 en douze heures.

La machine de tramway, travaillant à pleine puissance, donnera, à l'indicateur, une force de 30 chevaux avec une dépense d'environ 22$^{\text{k}}$,680 par heure, soit 0$^{\text{k}}$,813 par décimètre carré de surface de grille. La locomotive Perkins, destinée aux tramways, est construite par MM. Greenwood et Batley, de Londres.

# CHAPITRE VIII

## CAR A VAPEUR AVEC TRAIN BISSEL, DE M. EDWARD PERRETT, LONDRES

M. Edward Perrett a construit un car à vapeur (*fig.* 121, 122) où le mécanisme est installé horizontalement sous le châssis. Il y a deux chaudières à vapeur verticales, placées sur les plates-formes, une à chaque bout du car et reliées ensemble. Le poids est ainsi distribué d'une manière uniforme, et le car peut marcher avec l'une ou l'autre de ses extrémités en avant. Il repose sur huit roues et pèse 8 128 kil. quand il est chargé; sur cette quantité, 5080 kil. portent sur les quatre roues du milieu qui sont actionnées par la machine, et les 3048 kil. restants sont repartis sur les paires de roues de devant et d'arrière. Ces roues sont disposées comme des trains Bissel mobiles autour de pivots; elles obéissent à un mécanisme de direction, placé à chaque extrémité, et tel que le car peut très-facilement quitter la voie pour prendre un embranchement et *vice versa*. La base fixe formée par les roues motrices a 1$^m$,219, celle tout entière que constituent les autres roues a 3$^m$,181. Les deux cylindres ont 0$^m$,152 de diamètre, avec une course de 0$^m$,229; les roues couplées ont 0$^m$,686 de diamètre, et celles des boggies, 0$^m$,457. Les chaudières à vapeur, du système Broadbent, ont 0$^m$,647 de diamètre extérieur et 1$^m$,829 de long. La boîte à feu a 0$^m$,520 de diamètre à la grille; ce qui donne une surface de grille de 0$^{mc}$,2123.

On a construit un car à vapeur d'expérience, suivant ce système; les cylindres ont 0$^m$,127 de diamètre avec une course de 0$^m$,203; les roues motrices, de 0$^m$,686 de diamètre, sont distantes de 1$^m$,219 d'axe en axe; les roues des boggies ont 0$^m$,483 et sont à 4$^m$,267 de distance; chaque chaudière a 0$^{mc}$,1486 de surface de grille; le poids total est de 8 128 kil., et le poids adhérent de 5 080 kil. Il a été expérimenté publiquement en Mai 1876; on rapporte qu'il a parcouru facilement une ligne circulaire

de 10m,66 de rayon; la pression était de 6k,328 par centimètre carré dans la chaudière, et l'admission, les 5/8 de la course. Cependant il était né-

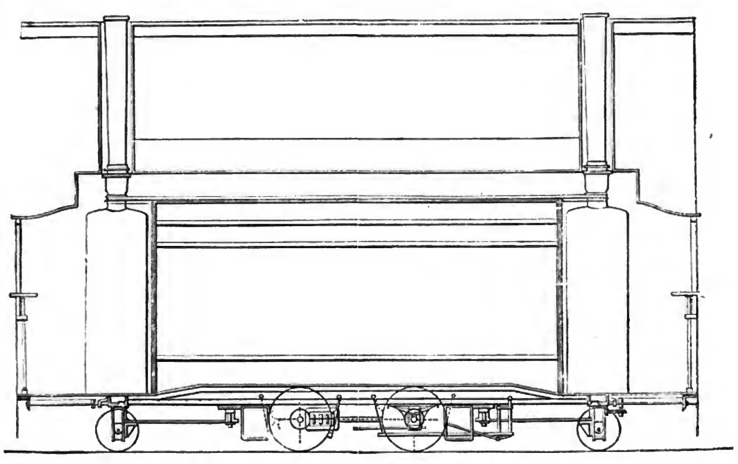


Fig. 121. — Car à vapeur avec trains Bissel de M. Édouard Perrett, 1876. Échelle 1/48.

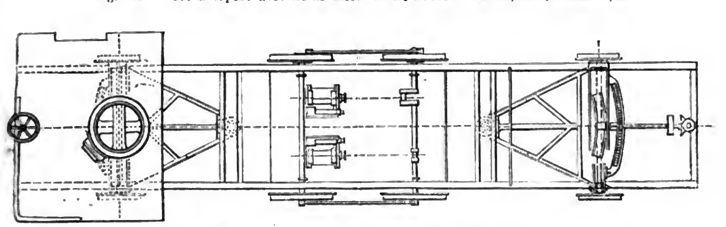


Fig. 122. — Car à vapeur de M. Perrett. Plan. Échelle 1/48.

cessaire de monter la pression à 8k,437 par centimètre carré avant de repartir. Avec une pression de 8k,437, le car pouvait se remettre en marche, après avoir été arrêté, sur une rampe de 1/30.

# CHAPITRE IX

## CAR A VAPEUR A DOUBLE TRAIN DE M. A. BROWN, DE WINTERTHUR

M. A. Brown, de Winterthur (Suisse), a imaginé un car à vapeur pour tramways conçu sur le principe de la voiture à vapeur à double train et pour chemins de fer, de M. R.-F. Fairlie. Un dessin de son premier projet a été publié dans l'*Engineering* du 31 Mars 1876. Il a construit, suivant le même système, mais en modifiant quelque peu ses premières idées, un car à vapeur qui a été mis en service en 1877 sur l'embranchement du chemin de fer de Lausanne à Echellens; — c'est un « chemin de fer régional » pour le trajet local, qui a été construit avec une voie de 1 mètre, qui est long 16 913 mètres, et qui est établi sur la route ordinaire qui va de Lausanne à Echellens. Les pentes dominantes sont très-raides. Ce sont les suivantes :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 | sur 28 | sur une longueur de | 498 | mètres. |
| 1 | 40 | — | 528 | — |
| 1 | 31 | — | 215 | — |
| 1 | 25 | — | 599 | — |
| | | | 1840 | mètres. |

Le rayon minimum est de 100 mètres; dans les stations il est de 60 mètres.

Le car (*fig*. 123-124) est porté à chaque extrémité par un boggie ou train à quatre roues, susceptible de tourner. La machine, avec sa chaudière complète, est portée par un de ces boggies dont les roues sont couplées et constituent les roues motrices; cette sorte de locomotive est logée à une extrémité du car; elle est masquée par la portion de ce véhicule qui l'entoure et peut tourner librement autour de son axe.

Le châssis principal du car est en fer à double T; il est à un niveau tel que le plancher est seulement à $0^{m},483$ au-dessus des rails. Le car est divisé en trois parties : — le salon, garni de siéges longitudinaux

rembourrés, pour 24 voyageurs ; le pavillon d'arrière, situé sur le boggie postérieur, qui sert de fumoir et tient sept personnes ; l'impériale qui a des siéges pour 30 personnes et à laquelle on accède par un escalier

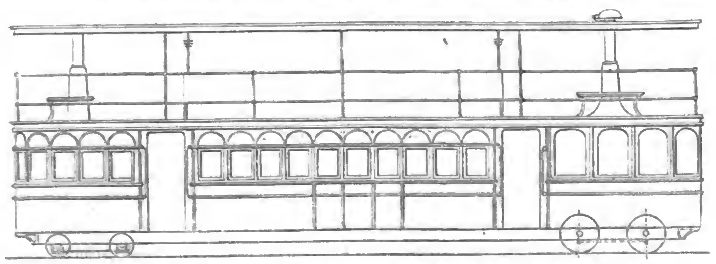


Fig. 123. — Car à vapeur à double train de M. A. Brown, 1877. Échelle 1/96.

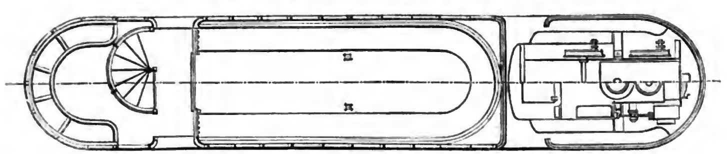


Fig. 124. — Car à vapeur de M. A. Brown. Plan. Échelle 1/96.

qui part du pavillon. On a ainsi de la place pour 61 voyageurs en tout

Voici les principales dimensions du car à vapeur :

*Car.*

| | |
|---|---|
| Longueur totale | 12m,890 |
| Largeur extrême | 2 ,374 |
| Hauteur | 4 ,292 |
| Diamètre des roues du boggie du car | 0 ,451 |
| Longueur de la base formée par ces roues | 1 ,219 |
| Distance entre les centres des boggies | 9 ,257 |

*Machine.*

| | | |
|---|---|---|
| Diamètre des cylindres à vapeur | | 0m,158 |
| Longueur de course | | 0 ,305 |
| Diamètre des roues couplées | | 0 ,698 |
| Longueur de la base des roues | | 1 ,219 |
| Diamètre de la chaudière | | 0 ,698 |
| Longueur des tubes à fumée | | 1 ,397 |
| Aire de la grille du foyer | | 0mc,2172 |
| Surface de chauffe. | Boîte à feu. . 1mc,8576<br>Tubes. . . . . 12 ,0769 — Totale | 13mc,9348 |
| Pression de la vapeur dans la chaudière (par centimètre carré) | | 12k,656 |
| Capacité des bâches à eau | | 590litres,65 |
| Capacité des soutes à coke | | 254k |

*Poids.*

| | |
|---|---|
| Machine vide | 5 080k |
| Machine en état de service | 6 096 |
| Car vide | 6 604 |
| Machine et car vides | 11 684 |
| Poids total, en service avec 61 voyageurs et les bagages | 16 257 |
| Poids adhérent quand le car est à pleine charge | 10 160 |
| Poids net de la machine et du car en service par voyageur | 208 |
| Charge maxima par essieu moteur | 5 080 |
| Charge maxima par essieu libre | 3 048 |

Les dimanches, on a transporté 600 personnes en 8 voyages, soit 75 voyageurs en même temps. Le plus grand nombre de personnes prises en une seule fois a été de 120. On assure que la vitesse moyenne ordinaire est de 14kilm,5 à l'heure; mais qu'on a été jusqu'à 30kilm,5 en palier. Le car peut être arrêté sur les pentes les plus raides dans l'espace de 4m,87 à 6m,09. On rapporte aussi que la machine n'a jamais patiné. même dans la saison la plus défavorable, — par la neige, la glace, ou le brouillard. La consommation en combustible est de 3k,241 par kilomètre ou environ 0k,202 par tonne et par kilomètre. Les dépenses journalières d'exploitation pour le car à vapeur de Lausanne, qui fait 46 kilomètres par jour, ont été les suivantes :

| | |
|---|---|
| Un mécanicien | 7f,90 |
| Un chauffeur | 3 ,50 |
| Un conducteur | 4 ,00 |
| Charbon | 5 ,90 |
| Graisse, huile, etc. | 2 ,00 |
| | 23f,30 |

Soit 0f,506 par kilomètre.

On assure que si le car à vapeur fonctionnait sur une ligne à peu près en palier, il pourrait faire facilement 128 kilomètres par jour en dépensant journellement 31f,25, ce qui équivaut à 0f,244 par kilomètre parcouru. Dans ce prix n'entre aucune dépense d'entretien. Le prix du car à vapeur est de 25 000 francs (1).

(1) Les détails ci-dessus sur le car à vapeur sont extraits de l'*Engineering* du 10 Août 1877, p. 108.

# CHAPITRE X

## CAR A VAPEUR A DOUBLE TRAIN DE M. W.-R. ROWAN, DE COPENHAGUE

M. W.-R. Rowan, de Copenhague, a imaginé un car à vapeur pour tramways (*fig.* 125), qui ressemble, comme disposition générale, à la voiture de M. Fairlie et au car de M. Brunner.

Toutefois, M. Rowan, ne reconnaissant pas le principe de la voiture à vapeur de M. Fairlie, retourne à la voiture américaine de railway comme type primitif : « la caisse reposant sur deux boggies ou trains inférieurs »; mais « en vue d'avoir une place convenable où mettre la machine » il explique naïvement que « le pivot d'un des boggies est fait creux, que ses dimensions sont augumentées jusqu'à atteindre plusieurs pieds de diamètre, au lieu d'être celles d'un simple goujon de métal et que dans ce pivot creux est fixée la machine qui agit directement sur les roues du truck qui la porte et met ainsi toute la voiture en mouvement. Il est évident, ajoute-il, que l'agrandissement du pivot n'empêchera pas le mouvement de rotation de la caisse autour de lui, et que la machine, dans cette position, ne gênera en rien les dispositions qu'on voudra prendre pour monter aux siéges supérieurs ou en descendre, par l'un et l'autre bout du car (1). »

Il ne saurait y avoir le moindre doute sur la possibilité du système et cela a été prouvé par M. Fairlie, il y a bien des années, dans un service en activité. La machine peut être détachée facilement de la caisse du car, quand cela est nécessaire, en soutenant au moyen d'une béquille l'extrémité du car qui devient ainsi libre.

M. Rowan se débarrasse de la vapeur de sortie par condensation superficielle dans une chambre en tôle, traversée de bout en bout par un grand nombre de tubes ronds ou ovales. La vapeur est envoyée dans la chambre qui entoure les tubes; elle est condensée par un courant d'air froid produit par un ventilateur et qui traverse les tubes en se

(1) *L'emploi des moteurs mécaniques sur les tramways*, par W. R. Rowan, 1. c. 1877.

rendant au foyer. De cette manière, cet air peut s'échauffer de 82° à 93° tout en condensant réellement la vapeur; l'eau de condensation est renvoyée à la chaudière par une pompe. M. Rowan estime qu'une sur-

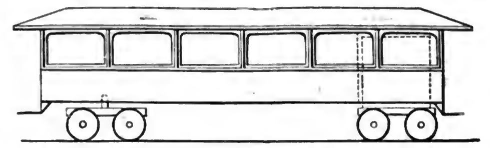


Fig. 125. — Car à vapeur à double train de M. W. R. Rowan, 1877. Échelle 1/114.

face de condensation de 92$^{mc}$,89 à 185$^{mc}$, 78 suffit pour une machine à vapeur de 15 à 25 chevaux de force.

Le dernier type de car à vapeur construit par M. Rowan a une longueur totale de 9$^{m}$,753; il est tout entier en teck, excepté les longerons et le toit. Il est établi pour tenir 60 personnes, à l'intérieur et en dehors. L'entrée unique est à la partie arrière. La machine est capable de fournir une force de 18 chevaux, avec une pression de 10$^{k}$,346 par centimètre carré dans la chaudière. Les cars passent facilement dans des courbes de 13$^{m}$,716 de rayon et peuvent gravir des pentes de 0$^{m}$,05 par mètre. Le poids total du car et de la machine est de 5080 kil. M. Rowan a donné la comparaison suivante, entre les éléments constitutifs au point de vue de l'exploitation, pour un car traîné par des chevaux, un car remorqué par une machine séparée et son car à vapeur.

| ÉLÉMENTS POUR L'EXPLOITATION. | CAR TRAINÉ par des chevaux. | CAR MENÉ par une machine isolée. | CAR à vapeur. |
|---|---|---|---|
| Nombre de voyageurs | 40 | 40 | 60 |
| — d'employés | 2 | 2 | 2 |
| Longueur de rue occupée | 10$^{m}$,668 | 10$^{m}$,668 | 9$^{m}$,753 |
| Poids total, y compris les voyageurs | 5588$^{k}$ | 9652$^{k}$ | 9652$^{k}$ |
| Poids sans voyageurs | 2540 | 6604 | 5080 |
| Charge maxima sur une roue, avec poids total | 1397 | 1397 | 1524 |
| — — sans poids | 635 | 1016 | 1016 |
| Poids mort par voyageur | 63$^{k}$,5 | 152$^{k}$,4 | 84$^{k}$,4 |
| Charge maxima sur les roues motrices, avec poids total | — | 4064 | 6096 |
| — — sans poids | — | 4064 | 4064 |
| Force en chevaux pour la traction | 2 ch. | 18 ch. | 18 ch. |
| Rampes d'exploitation les plus raides sur les longs parcours | 1/80 | 1/40 | 1/20 |

En s'appuyant sur les résultats des expériences sur son car à vapeur, M. Rowan a donné une estimation de la dépense comparative d'exploitation d'un tramway avec son système et par l'emploi de la traction par chevaux; il admet que les économies que l'on fait sur l'usure et la détérioration du matériel dans son système sont compensés par l'augmentation de l'usure de la voie; aussi laisse-t-il ces causes de dépense hors de compte.

1° CARS A VAPEUR. *Dépenses journalières.*

| | |
|---|---|
| Un mécanicien en service. . . . . . . . . . . . . . | 10f,35 |
| Un mécanicien de réserve.. . . . . . . . . . . . . . | 1 ,55 |
| Un nettoyeur. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 ,60 |
| Coke. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 12 ,50 |
| Huile, graisse, etc. . . . . . . . . . . . . . . . . | 2 ,05 |
| Dépenses diverses. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 3 ,20 |
| | 31f ,25 |

En admettant un parcours de 12 milles danois ou d'environ 90 kilomètres, les dépenses équivalent à 0f,347 par kilomètre ou à 0f,006 par kilomètre et par voyageur.

2° CARS TRAINÉS PAR DES CHEVAUX. *Dépenses journalières.*

La dépense pour la traction par chevaux sur la Compagnie des tramways de Copenhague montait en 1874 à 0f,372 par kilomètre pour un car à 40 voyageurs, ce qui donne 0f,0093 par voyageur.

D'après cela, on voit que la dépense d'exploitation avec le car à vapeur serait d'une manière absolue moindre de 12,5 p. 100, et que, par voyageur, elle serait moindre de 40 p. 100, en supposant, bien entendu, que dans chaque cas les véhicules soient à pleine charge.

# CONCLUSION

En essayant de résumer les progrès qu'a faits la pratique des tramways et de pronostiquer l'avenir qui leur est réservé, il faut se rappeler tout d'abord combien est remarquable leur capacité pour faire de l'argent. En 1876, leurs recettes montaient à 33 p. 100 du capital engagé. Ce qui attire le plus l'attention après cela, c'est la dépense excessivement considérable pour l'exploitation, — elle absorbe les trois quarts des bénéfices. Des analyses de dépenses d'exploitation qui ont été faites, il ressort bien clairement que le point défectueux dans le service réside dans les moyens de traction. Un cheval est un très-bon moteur pour tourner un manège ou traîner une charrette, mais il n'est pas à sa place sur un tramway. Qu'est-ce qu'un tramway? C'est, ou ce devrait être, une paire de barres de fer ou d'acier, dures, unies, régulières et solides, posées dans une rue, et destinées à être parcourues par des cars à voyageurs pesamment chargés; bien plus pesants à coup sûr que l'omnibus léger et élastique ou que les voitures dont on se sert dans les jours de congé. Comme l'omnibus est le poids qui convient à une paire de chevaux, le car de tramway est, et doit être, un poids trop considérable pour deux chevaux, Il est vrai que la résistance de frottement sur les tramways est moindre que sur la surface des rues ordinaires. Mais ce n'est pas tout. La résistance due à la gravité, quand on monte les rampes, est à peu près la même sur les tramways que sur le pavé et l'effort qu'exige le départ d'un car est bien autrement grand que celui que demande un omnibus. En un mot, l'emploi des chevaux sur les tramways est une idée malencontreuse et barbare; quand on aura fini par venir à bout de l'inertie des préjugés, la puissance plus civilisée, — la force mécanique, — remplacera à juste titre le cheval comme moteur.

Le service fait par les chevaux est non seulement malencontreux; il est aussi fort couteux. Il monte, en moyenne, à 55 p. 100 de la dépense totale, ou à 41 p. 100 des recettes, ou enfin à 13,5 p. 100 du capital engagé. En argent absolu, la dépense moyenne est de 0f,420 par kilomètre

parcouru par les cars. Ajoutez à cela 0$^{f}$,064 par kilomètre pour les gages des cochers et des changeurs de timons, et la dépense totale s'élèvera à 0$^{f}$,484 par kilomètre parcouru rien que pour la traction.

La question à se poser maintenant est celle-ci : Quelle sera la dépense pour la puissance mécanique? Il y a bien des esprits qui travaillent sur ce problème. L'expérience a déjà établi que les dépenses ordinaires de traction par la vapeur sur les tramways — [et il n'y a pas d'autre moteur qui puisse entrer en comparaison] — peuvent être couvertes avec 0$^{f}$,194 par kilomètre parcouru. Les frais d'entretien et de renouvellement du moteur à vapeur sont encore à fixer par l'expérience ; mais on peut les estimer approximativement, par rapport aux locomotives de chemins de fer, en admettant qu'ils sont proportionnels à la quantité de combustible brûlé par kilomètre parcouru. Or, en 1876, la moyenne pour réparations et renouvellement des locomotives était de 0$^{f}$,210 par kilomètre parcouru en menant les trains; si l'on prend la quantité maxima de combustible brûlé par kilomètre par une locomotive de tramway remorquant un car, qui est de 2$^{k}$,240, et qu'on le compare à celle de 8$^{k}$,960 qui correspond au parcours d'un kilomètre par un train, — [le rapport est de 1 à 4] — on peut sans crainte admettre, dans une estimation, pour dépenses de réparations et de renouvellement de locomotives de tramway, le quart de 0$^{f}$,210, soit 0$^{f}$,0525 par kilomètre parcouru. En allant même jusqu'à 0$^{f}$,064, la dépense totale pour la traction par la vapeur sur les tramways montera à 0$^{f}$,258 contre 0$^{f}$,484 que coûte celle par les chevaux. La différence 0$^{f}$,226 correspond à 22 p. 100 des recettes ou à 7,25 p. 100 du capital engagé.

On voit ainsi que l'économie qui résulte du remplacement des chevaux par la vapeur donnerait un dividende de 7 1/4 p. 100 sur le capital engagé. Mais on peut encore espérer mieux que cela; car les tramways à construire dans l'avenir seront établis à un taux bien plus modéré que les premiers qui, semblables à beaucoup de chemins de fer primitifs, ont été faits principalement pour desservir des intérêts privés. On a montré que la dépense moyenne pour 11 tramways, traversant 210 kilomètres de rues, montait à peu près à 295 400 fr. par kilomètre, travaux et matériel ; c'est une somme déraisonnable, plus que double de ce que coûte un kilomètre de chemin de fer dans le Royaume-Uni. On peut construire un tramway avec son matériel pour les deux tiers de cette somme, par exemple pour 200 000 fr., y compris une somme de 77 500 fr. pour pavage. Avec cette mise de fonds, la proportion des recettes brutes s'élèverait par an à environ 50 p. 100 du capital. Les financiers peuvent compléter ce calcul pour prouver les grandes espérances que donnent les tramways au point de vue des dividendes qu'ils peuvent rapporter.

Il y a sans doute bien des perfectionnements à apporter dans les détails mécaniques des tramways et des cars. Nous avons déjà longuement discuté les questions qui se rattachent à la voie. Les cars devraient être montés sur des trucs doubles, ou encore mieux sur des essieux convergents, avec roues folles pour passer facilement dans les courbes et diminuer la résistance à la traction; ils devraient aussi reposer sur une base de roues suffisamment longue pour assurer la régularité du mouvement. Les courtes bases des roues actuellement en vogue — 1m,52 à 1m,83 — sont limitées d'une manière absurde. Le mouvement de plongement et l'allure pesante des cars proviennent en grande partie de la faible longueur de la base; ils sont les causes d'une résistance considérable et d'efforts anormaux sur la voie et dans les cars. Ceux-ci devraient être munis de ressorts de traction; il faudrait que leurs roues fussent larges, bien que pour les trucs ou boggies, il puisse n'être pas commode d'employer des roues de diamètre plus grand que celles qui sont maintenant en usage. Les résultats du fonctionnement du car de la Compagnie des Omnibus de Paris, de celui de M. Eade et de celui de M. Cleminson montrent les avantages qu'on peut espérer, en reprenant la question à un nouveau point de vue et refaisant de toutes pièces le car de tramway. Les résultats des recherches expérimentales de M. H. P. Holt sur la résistance à la traction sur les tramways, quand ces dernières seront complètes, auront sans nul doute une très-grande valeur pratique pour le perfectionnement de l'exploitation des tramways.

Dans leurs projets de moteurs mécaniques mus par la vapeur, les ingénieurs ont eu l'avantage de profiter de l'expérience acquise sur les chemins de fer; car on peut dire que, dans ses traits fondamentaux, la locomotive de tramway est venue toute prête dans leurs mains. On a fait beaucoup pour en arriver là; mais il reste encore quelque chose à faire pour appliquer la vapeur comme force motrice pour les tramways; et son emploi laisse encore un vaste champ aux inventions et aux dispositions ingénieuses. Il n'y a pas grand mérite à se vanter d'employer la locomotive des chemins de fer dans son entier, comme machine de tramway; c'est bien facilement fait. Mais la production d'une machine qui ne fasse pas de bruit, ne laisse échapper ni vapeur ni fumée, et qui soit commode à manœuvrer est un problème d'un tout autre ordre, pour la solution duquel l'expérience acquise sur les railways ne peut pas fournir de précédents. Le succès qui a couronné l'emploi de la traction mécanique à la vapeur sur les tramways et la position proéminente qu'elle a aujourd'hui n'ont certainement pas été obtenus tout d'un coup. Ils sont le résultat d'une industrie patiente, d'une étude intelligente et de sacrifices d'argent libéralement faits, combinés avec une résistance déterminée à

l'opposition que suscitent les préjugés et les intérêts mesquins. La première, par ordre et aussi par ses mérites pratiques, est la machine Merryweather. Pendant les deux dernières années, elle a été employée en nombre considérable et a fait un très-bon service sur les tramways de Paris, sans être cause d'ennui ou de gêne pour le trafic ordinaire des rues. Elle est aussi en service régulier dans d'autres centres importants, en France aussi bien qu'en Allemagne, en Espagne, en Portugal, en Hollande et même à la Nouvelle-Zélande et dans d'autres colonies. Les avantages dont on jouit ainsi à l'étranger ne peuvent longtemps être refusés au Royaume-Uni, en les accompagnant d'une législation appropriée. Les praticiens des tramways demandent seulement qu'on leur laisse le champ libre, sans les entraver par des réglementations fâcheuses et les mesures répressives d'un esprit conservateur inintelligent.

---

# APPENDICE

## LÉGISLATION DES TRAMWAYS

D'après les décisions de la Commission d'examen et de règlements de la Chambre des Lords, à propos du Bill de 1866, pour les tramways de Liverpool, il est rendu obligatoire pour les promoteurs de tramways de faire le dépôt des plans et coupes des travaux qu'ils se proposent d'exécuter.

### Loi sur les Tramways (Tramways act), 1870,

I[re] PARTIE. — Section 4.

*Sous-section* 1. L'autorité locale d'un district quelconque peut obtenir une Ordonnance provisoire, autorisant la construction de tramways dans son district.

*Sous-section* 2. Permission est donnée aussi à d'autres personnes, avec le consentement du Ministère du commerce et de l'autorité locale; mais pas autrement.

Section 7. Le Ministère du commerce a qualité et pouvoir pour examiner la demande et les objections qu'elle peut soulever.

Section 8. Quand le Ministère du commerce le jugera à propos, il pourra rendre une Ordonnance provisoire ; cette Ordonnance donnera aux promoteurs de tramways l'autorisation de construire les tramways avec la voie et suivant la manière qui y sera indiquée; elle contiendra telles prescriptions (qui devront être régularisées par une loi) que le Ministère jugera utiles, suivant la nature de la demande, et les faits et circonstances dans chaque cas; mais l'ordonnance ne pourra contenir de prescriptions relativement à des acquisitions de terrain que jusqu'à concurrence d'une surface indiquée dans l'ordonnance même (l'acquisition devant avoir lieu de gré à gré) et ne pourra autoriser à construire un tramway ailleurs que le long ou en travers des routes ou sur le terrain qui aura été occupé de la pleine volonté des possesseurs.

Section 9. Les tramways seront construits aussi près que possible du milieu de la route; ils ne pourront se trouver dans des conditions telles que,

sur une longueur de $9^m,144$ ou davantage, ils laissent une largeur moindre que $2^m,90$ entre la bordure du trottoir sur l'un et l'autre côté de la route et le rail le plus voisin, si un tiers des propriétaires ou locataires des maisons, boutiques, magasins riverains de la partie en question s'opposent à la construction d'un tramway dans ces conditions.

SECTION 10. L'Ordonnance provisoire doit spécifier la nature du trafic du tramway et les péages à percevoir.

SECTION 12. L'Ordonnance provisoire ne sera pas accordée, tant que les promoteurs n'auront pas déposé à la banque une somme au moins égale à 4 p. 100 de l'estimation de la dépense, ou une garantie pour pareille somme.

SECTION 14. Une Ordonnance provisoire n'aura d'effet qu'autant qu'elle aura été confirmée par Acte du Parlement; les tiers peuvent protester contre l'Acte, et comparaître dans le sein de la Commission, pour faire opposition au Bill.

SECTION 16. Le Ministère du commerce peut retirer, amender, étendre ou changer une Ordonnance provisoire par une autre Ordonnance du même genre; mais les demandes pour les Ordonnances provisoires seront soumises aux mêmes conditions que la précédente et devront être confirmées par un Acte du Parlement.

SECTION 18. Si les promoteurs ne terminent pas le tramway et ne l'ouvrent pas au trafic public dans le délai de deux ans à dater de l'Ordonnance, ou dans une période plus courte, si elle est stipulée dans l'Ordonnance; ou bien, si dans le délai d'une année à partir de l'une ou l'autre de ces époques, les travaux ne sont pas substantiellement commencés, ou si, après avoir été commencés, ils sont suspendus sans raison suffisante aux yeux du Ministère du commerce, les pouvoirs accordés par l'Ordonnance cesseront, excepté pour les parties qui sont terminées, à moins que le délai ne soit prolongé; pour les parties terminées, le Ministère pourra permettre que les pouvoirs se continuent et soient exercés, s'il le juge à propos; mais sans permission, la partie ainsi construite du tramway sera censée devoir être discontinuée et sera traitée d'après les stipulations à ce relatives.

SECTION 19. Quand un tramway a été construit par une autorité locale, ou qu'elle en a acquis la possession, elle peut, avec le consentement du Ministère, louer à un tiers le droit de s'en servir, de demander et recevoir les péages et redevances; ou bien elle peut laisser les tramways ouverts à l'usage du public et percevoir dans ce cas les péages et redevances autorisées; mais aucune autorité locale ne peut placer et exploiter elle-même des voitures sur ces tramways et demander et percevoir les péages et redevances pour ce qui regarde l'usage de ces voitures. Les baux peuvent être consentis pour une période ne dépassant pas vingt et un ans; à leur expiration, ils peuvent, avec le consentement du Ministère du commerce, être renouvelés pour une autre période qui ne doit, dans aucun cas, dépasser vingt et un ans; le bail cesse de plein droit, si les locataires cessent l'exploitation du tramway à eux loué.

II^e PARTIE. — Elle a trait à la construction des tramways.

SECTION 25. Elle détermine le mode de formation des tramways. Quand

la largeur de voie n'est pas indiquée, elle doit être telle qu'elle puisse donner passage sur ces tramways aux véhicules construits pour circuler sur les chemins de fer, de 1$^m$,435 de largeur de voie. Les tramways doivent être de niveau avec la surface de la rue.

SECTION 26. Elle autorise à couper les rues.

SECTION 27. Elle contient des prescriptions pour l'achèvement des travaux et la réfection de la route.

SECTION 28. Prescriptions pour l'entretien de la partie de la route où se trouve le tramway.

SECTION 29. Elle autorise les autorités chargées de l'entretien de la route et les promoteurs à traiter pour le pavage des routes sur lesquelles sont établis les tramways.

SECTION 30. Prescriptions relatives aux compagnies de gaz et d'eau.

SECTION 31. Prescriptions pour la protection des égouts.

SECTION 32 Elle réserve les droits des autorités et compagnies, etc, aux routes ouvertes.

SECTION 33. Prévoit le règlement des difficultés pouvant survenir entre les promoteurs et les autorités chargées de la route; on doit en référer à un ingénieur qui sera nommé par le Ministre du commerce.

III$^e$ PARTIE. — Elle contient des prescriptions générales — en premier lieu pour les voitures.

SECTION 34. Les promoteurs auront la jouissance exclusive des tramways pour des voitures munies de roues à boudin, ou de toutes autres roues propres seulement à se mouvoir sur le rail prescrit; la traction sera faite par la puissance indiquée dans l'Acte: à défaut de stipulation spéciale, par la puissance animale seulement. Aucune voiture ne devra dépasser l'arête extérieure de ses roues de plus de 0$^m$,279.

SECTION 35. Si l'autorité locale ou vingt habitants payant impôt, prouvent au Ministère du commerce que le public est privé du bénéfice plein et entier du tramway, des tiers peuvent être autorisés par le Ministère à user du tramway aux conditions qui sont déterminées dans la section. Viennent ensuite des sections qui traitent des moyens de forcer le payement des péages et des licences

SECTION 41. Elle se rapporte à la discontinuité de l'exploitation. Si l'exploitation d'un tramway ou d'une de ses parties est interrompue pendant trois mois (une pareille interruption n'étant pas causée par des circonstances en dehors de la volonté des promoteurs) les pouvoirs des promoteurs, en ce qui regarde les tramways ou portions de tramways sans usage, peuvent être déterminés par une Ordonnance du Ministère du commerce. A une époque quelconque, postérieure de plus de deux mois à la date de cette Ordonnance, l'autorité chargée de la route peut faire enlever la portion de tramway en question aux frais des promoteurs.

SECTION 42. Elle a trait à l'insolvabilité des promoteurs. Si le Ministère du commerce trouve les promoteurs insolvables, il peut rendre une Ordonnance

déclarant que les pouvoirs des promoteurs cesseront dans le délai de six mois à dater de l'Ordonnance, à moins qu'ils ne soient acquis par l'autorité locale; cette dernière peut, en tout cas, faire enlever le tramway aux frais des promoteurs.

SECTIONS 43 et 44. Sont relatives à l'achat et à la vente des tramways.

SECTION 46. Elle donne à l'autorité locale le pouvoir de faire des règlements sur la vitesse, la distance à laisser entre deux cars parcourant la même ligne, l'arrêt des voitures qui empruntent la ligne et le trafic sur la ligne où le tramway est établi.

SECTION 48. Elle confère à l'autorité locale le droit de renvoyer les cochers et conducteurs.

SECTION 54. Toute personne qui, sans y être dûment autorisée, fait circuler sur un tramway des voitures munies de roues à boudins, ou d'autres roues propres seulement à circuler sur le tramway, est passible d'une amende ne dépassant pas 500 fr.

SECTION 62. Elle réserve au public le droit de passer en long ou en travers sur la partie de route où se trouve le tramway et de faire circuler dessus ou à côté des véhicules n'ayant pas de roues à boudins.

## Actes ou lois confirmant les Ordonnances provisoires pour les tramways.

Pour que les Ordonnances provisoires rendues par le Ministère du commerce, en vertu de la loi de 1870 sur les tramways, puissent acquérir la validité et la force nécessaire, elles doivent être confirmées par des Actes spéciaux du Parlement. Ces Actes sont distingués sous le nom de « Actes confirmant les Ordonnances sur les tramways ». Ces Actes ou lois donnent force de loi aux Ordonnances dont le libellé leur est joint.

## Usage de la puissance mécanique sur les tramways.

Une commission spéciale de la Chambre des Communes a réuni, au commencement de 1877, une masse de documents se rapportant à l'emploi de la puissance mécanique sur les tramways; ils ont été imprimés la même année avec son rapport (1). On n'a encore donné aucune suite (Février 1878) au rapport, quoique ses conclusions soient favorables à l'emploi de la puissance mécanique. Ceux qui s'intéressent aux tramways s'occupent de faire agir près du Gouvernement et de lui faire ressortir l'importance qu'il y a de régler par une loi l'emploi de la puissance mécanique sur les tramways.

---

(1) Rapport de la Commission spéciale sur les Tramways. (Emploi de la puissance mécanique) avec les minutes des Documents. Avril 1877.

# TRAMWAYS FRANÇAIS

---

Les lecteurs qui ont bien voulu parcourir les pages qui précèdent, auront pu remarquer qu'on s'y est occupé d'une manière à peu près exclusive des tramways du Royaume-Uni. Quoique l'invention et le premier emploi de ce mode de locomotion puissent à juste titre être revendiqués par l'Angleterre, ce n'est guère que vers 1857 qu'on voit les tramways reparaître dans le pays qui leur a donné naissance; et il faut bien le dire, le peu de succès que leur réimportation rencontra à ses débuts n'était pas fait pour encourager de nouvelles tentatives dans une voie qui avait pourtant donné les plus beaux résultats aux États-Unis. Ce n'est qu'à dater de 1868 qu'ils prennent réellement droit de cité en Angleterre. Mais il convient d'ajouter qu'à partir de cette époque, leur développement a été extrêmement rapide, et que l'expérience acquise par nos voisins depuis dix ans peut servir d'enseignement pour les ingénieurs des contrées où ce genre de voies de transport est encore peu répandu.

Cette considération explique comment les exemples choisis par M. Clark ont été à peu près tous empruntés à la pratique anglaise, et comment il a seulement consacré quelques pages à ce qui se fait, tant en France qu'à l'étranger.

Comme les tramways ont pris un assez grand développement chez nous, dans ces dernières années, et que leur nombre semble tendre à s'accroître de jour en jour, il nous a paru intéressant de donner un aperçu sommaire de ce qui existe en France et notamment à Paris. Nous suivrons ici le même mode d'exposition de M. Clark pour rendre les rapprochements plus faciles et les comparaisons plus nettes.

## HISTORIQUE

On a vu dans le premier chapitre de cet ouvrage, qu'un ingénieur français, M. Loubat, avait, dès 1852, établi à New-York un tramway conçu à peu près suivant les principes adoptés de nos jours. De retour en France, il tenta de

faire à Paris l'application de son système et fut tout d'abord autorisé, par décision ministérielle du 16 Août 1853, à l'expérimenter sur le quai de Billy.

On voit que, comme date, l'introduction du tramway moderne en France a précédé de beaucoup son application en Angleterre. Mais il s'en faut bien que ses progrès aient été les mêmes dans l'un et dans l'autre pays.

Le système de la voie Loubat a été décrit (IIe partie, chapitre x); ceux de Leipzig et de Vienne en sont à peu près la reproduction.

Le projet présenté par M. Loubat avait soulevé de très-vives objections. Le public redoutait pour les véhicules légers, et surtout pour les voitures, dites *de luxe*, les chocs incessants qui devaient résulter de l'établissement de rails sur les chaussées qu'il était obligé de traverser; il craignait la rapide détérioration des roues et des essieux qui en pouvait être la conséquence. — De leur côté, les ingénieurs signalaient la gêne que causerait à la circulation générale la présence sur les voies publiques de véhicules lourds et de grande dimension, obligés de suivre une direction assignée à l'avance et sans qu'il fût possible de la quitter à volonté.

Quoiqu'on eût notablement exagéré les inconvénients que devaient amener avec elles les voies ferrées à traction de chevaux, il faut cependant reconnaître que les appréhensions qu'elles avaient suscitées ne manquaient pas d'un certain fondement à l'origine; et même actuellement, les propriétaires des voitures de luxe n'ont pas complètement cessé leurs plaintes. — Toutefois l'expérience du quai de Billy avait réussi d'une manière satisfaisante. L'Empereur était favorable à ces tentatives qui lui donnaient un moyen de flatter les masses, en mettant à leur disposition un nouveau mode de transport commode et à bon marché. Aussi, le 18 Février 1854, intervenait un décret qui autorisait M. Loubat à établir une voie de son système entre Sèvres et Vincennes, avec embranchement sur le rond-point de Boulogne. Ce réseau comprenait une longueur de 29 178 mètres. Il est devenu depuis la propriété de la Compagnie des Omnibus. La première section ouverte allait de la place de la Concorde à Passy. A la fin de l'année 1854, on la prolongea jusqu'à Sèvres. Enfin le 28 Avril 1855, le sieur Tardieu, ami et associé de Loubat, obtenait la concession de la portion comprise entre Sèvres et Versailles. Malgré toutes ses instances, Loubat ne put être autorisé à construire effectivement et à exploiter la partie de sa concession comprise entre la place de la Concorde et Vincennes. Le gouvernement craignait que les tramways ne fussent une cause d'accidents aux passages des ponts et surtout dans la rue Saint-Antoine. L'expérience a démontré depuis combien ces craintes étaient chimériques.

Disons en passant que, le 14 Juillet 1854, le Vicomte de Mazenod avait aussi été autorisé à établir une voie ferrée à traction de chevaux entre Rueil et Port-Marly.

M. Loubat avait tout d'abord employé sur ses lignes les voitures américaines à roues calées sur les essieux et ne pouvant dérailler à volonté.

Le public goûta peu ce genre de véhicules auxquels il n'était pas accoutumé. Le médiocre état de la voie et le mauvais vouloir des conducteurs des

autres voitures, qui refusaient de se déranger, conduisirent finalement à les abandonner pour les remplacer par de grands omnibus ordinaires, capables au besoin de circuler sur la chaussée. Ces derniers pouvaient contenir 52 personnes; ils pesaient 3000 kil. à vide et un peu plus de 6000 kil. à pleine charge. Sur les quatre roues, deux seulement étaient munies de boudins. Ce type est encore en usage sur la ligne de la Concorde à Sèvres et à Saint-Cloud; mais il doit, paraît-il, disparaître bientôt. Les tramways n'eurent pas dès l'abord le succès qu'on avait espéré pour eux; et les raisons se comprennent aisément. La population parisienne avait ses habitudes faites. Elle trouvait facilement et à bon compte, soit dans les omnibus, soit dans les voitures de place, tous les moyens de transport dont elle pouvait avoir besoin. Les rues et routes bien entretenues ne laissaient rien à désirer; tandis que les voies de tramways étaient souvent en mauvais état et que les déraillements involontaires y étaient assez fréquents.

Ces mêmes considérations sont à plus forte raison applicables aux villes de province, où les besoins de moyens de transport étaient encore moins grands, parce que les distances à franchir étaient généralement bien plus courtes qu'à Paris.

Aussi de 1855 à 1872, c'est-à-dire dans l'espace de sept ans, nous ne voyons que quatre concessions accordées. Ce sont les suivantes :

14 Mai 1855. — De Rennes à Moidré (retirée par décret du 24 Mai 1858).

26 Aout 1847. — De Riom à Clermont; longueur 12000 mètres. (Cédée à la Compagnie des Tramrailroads par décret du 5 Décembre 1859).

15 Octobre 1861. — Commune d'Outreau (Pas-de-Calais); longueur 4000$^{m}$. (Ligne particulière pour les forges de Montataire.)

18 Juin 1872. — Teste-Étang de Cazeaux; longueur 16900 mètres.

C'est de l'année 1873 que date, à proprement parler, le commencement du développement sérieux des tramways chez nous. — Dans les derniers temps de l'Empire, le service des omnibus de Paris était devenu insuffisant. Les tramways récemment introduits en Angleterre et en Belgique donnaient d'excellents résultats. Aussi avait-on commencé à se préoccuper de la question de leur application en France, quand éclata la guerre de 1870.

Les études se trouvèrent ajournées jusqu'en 1872. A cette époque, des commissions furent envoyées en Angleterre, et à la suite de leurs rapports, le Conseil général de la Seine demanda et obtint, le 9 Août 1873, la concession d'un réseau de 105300 mètres pour desservir certains quartiers de Paris et des environs.

Ce réseau comprenait d'abord une ligne circulaire, se développant sur tout le périmètre des boulevards qui entouraient l'ancienne enceinte de Paris; puis quinze lignes rayonnantes, ayant leurs points de départ sur les places de l'Étoile, Saint-Augustin, Moncey, de la Chapelle, au Château-d'Eau, à la place de la Bastille, à la place Walhubert, au square de Cluny, à la place Saint-Germain-des-Prés, et desservant les villages les plus importants de la banlieue : Neuilly, Courbevoie, Suresnes, Clichy, Asnières, Gennevilliers, Saint-Ouen, Saint-Denis, Aubervilliers, Pantin, Montreuil, Saint-Mandé, Charenton,

Saint-Maurice, Ivry, Vitry, Villejuif, Montrouge, Châtillon, Fontenay-aux-Roses, Issy, Vanves, Clamart. Par cet énoncé, on juge aisément de son importance et des résultats qu'on pouvait en attendre.

Mais quand il s'agit de la rétrocession, on se trouva en présence d'une difficulté d'une nature toute spéciale et à laquelle on n'avait pas songé. La Compagnie des Omnibus jouissant, en vertu d'un traité antérieur, du privilège des transports en commun jusqu'en 1884, il fallait, ou lui racheter ses droits, ou lui concéder tout ou partie du nouveau réseau. On s'en tira par une transaction; on divisa ce réseau en trois groupes, dont l'un, celui à l'intérieur de Paris et quelques amorces des lignes extérieures, a été donné à la Compagnie des Omnibus. Les deux autres, après quelques modifications, ont formé ce qu'on appelle actuellement les Tramways-Nord et les Tramways-Sud. Le premier de ces groupes est dans les mains de la Société Financière qui a créé la Compagnie des Chemins de fer Parisiens (Tramways-Nord). Quant au second, après avoir passé de la Banque Franco-Italienne à la Compagnie Brésilienne, il a fini par être exploité par une compagnie spéciale, dite *des Tramways de Paris* (Tramways-Sud). Cette dernière a en outre repris quelques-unes des lignes rétrocédées à la Compagnie des Omnibus. Elle s'est chargée de leur construction et de leur exploitation; et elle paye un fermage annuel de 6 000 fr. par kilomètre.

L'exemple donné par Paris a été suivi dans les autres villes de France. Dans son intéressant ouvrage sur la législation des tramways (*Tramways et chemins de fer sur routes*, 1877), M. Challot, chef de division au ministère des travaux publics, fait connaître que le nombre des demandes de concessions, depuis 1853 jusqu'à la fin de 1876, était de 192, se décomposant ainsi qu'il suit :

20 ayant été l'objet de décrets.
39 rejetées.
10 ajournées.
3 retirées.
63 restées sans résultat.
57 en cours d'instruction.

Nous empruntons au même auteur le tableau ci-après, qui donne le résumé des concessions accordées jusqu'à la fin de 1876. A l'expiration de cette période, la longueur totale autorisée était de 439 863 mètres. Nous avons indiqué dans la colonne d'observations les quelques modifications qui ont été apportées aux premières concessions, tant au point de vue des tracés primitifs qu'à celui des noms des personnes ou des sociétés qui ont pris les charges de la construction ou de l'exploitation. Nous ajoutons également à la suite une liste supplémentaire contenant les indications correspondantes pour quelques-unes des lignes principales, qui ont été l'objet de décrets de concession à des dates plus récentes.

Parmi les lignes concédées depuis le commencement de 1877, nous citerons les suivantes ;

24 Mai 1877. — Ville de *Boulogne-sur-Mer*. Rétrocession à la Compagnie anglo-française de Tramways.
15 Mai 1877. — Ville de *Montpellier*. Rétrocession au sieur Léon Francq.
30 Juin 1877. — De *Valenciennes à Vicoigne* et *à Bruay*. Rétrocession au sieur Therin.
21 Aout 1877. — Ville de *Nantes*. Rétrocession au sieur Mekarski.
18 Sept. 1877. — De *Montpellier à Castelnau-le-Lez*. Rétrocession au sieur Léon Francq.
12 Oct. 1877. — Tramways de la banlieue de *Lille*.
25 Oct. 1877. — *Calais-Saint-Pierre-lès-Calais, Coulogne, Bources et Guines.*
10 Juin 1878. — Ligne de *Charenton à la Bastille*. Rétrocession à la Compagnie des Omnibus. — Cession aux Tramways-Sud.
14 Aout 1878. — Approbation de trois nouvelles lignes : de la *Muette à la rue de Rome*, de la *place Walhubert à la place de l'Alma*, de la *Bastille au quai d'Orsay*. Rétrocession à la Compagnie des Omnibus.
11 Aout 1878. — Ville de *Boulogne-sur-Seine*. Rétrocession à la Compagnie des Omnibus.
14 Aout 1878. — Prolongement jusqu'au *Trocadéro* de la ligne de *la Villette à l'Étoile*.

Le tableau suivant fait ressortir le mouvement qui s'est produit en faveur des tramways depuis leur introduction en France.

| Années. | Nombre de concessions accordées. | Années. | Nombre de concessions accordées. |
|---|---|---|---|
| 1854 | 2 | 1873 | 3 |
| 1855 | 2 | 1874 | 5 |
| 1857 | 1 | 1875 | 5 |
| 1861 | 1 | 1876 | 5 |
| 1872 | 1 | 1877 | 7 |

TABLEAU DES CONCESSIONS ACCORDÉES

| DATE DES DÉCRETS. | DÉSIGNATION DES CONCESSIONS. | LONGUEUR |
|---|---|---|
| | | mètres. |
| 14 Février 1854 et 11 Novembre 1874. | De Vincennes au pont de Sèvres, au rond-point de Boulogne et à Saint-Cloud. | 2950 |
| 15 Juillet 1854. | De Rueil à Port-Marly. | 7 100 |
| 28 Avril 1855. | De Sèvres à Versailles. | 9 225 |
| 14 Mai 1855. | De Rennes à Moidrey. | 58 000 |
| 26 Août 1857. | De Riom à Clermont. | 12 000 |
| 15 Octobre 1861. | Commune d'Outreau (Pas-de-Calais. | 4 000 |
| 18 Juin 1872. | Teste-Étang de Cazeaux. | 16 900 |
| 9 Août 1873. | Ville de Paris. | 105 300 |
| 4 Octobre 1873.<br>12 Mars 1875. | Ville de Lille. | 30 651 |
| 4 Octobre 1873.<br>27 Août 1873. | Ville du Havre. | 10 050 |
| 23 Mars 1874. | Nancy-Maxéville. | 4 357 |
| 30 Mai 1874. | Ville de Versailles. | 12 415 |
| 28 Août 1874. | De Rueil à Marly-le-Roi. | 9 275 |
| 19 Septembre 1874. | Ville de Marseille. | 23 682 |
| 9 Septembre 1875. | Ville de Nice. | 12 440 |
| 14 Septembre 1875. | Ville de Dunkerque. | 4 000 |
| 3 Décembre 1875. | Ville de Roubaix. | 14 160 |
| 5 Mai 1876. | Ville de Rouen. | 27 500 |
| 20 Juillet 1876. | De Villiers-le-Bel à la station de ce nom. | 2 758 |
| 25 Juillet 1876. | Ville de Tours. | 5 500 |
| 4 Août 1876. | Ville d'Orléans. | 5 500 |
| 18 Août 1876. | Des Andelys à Étrépagny. | 35 500 |
| | | 439 863 |

SQU'A LA FIN DE 1876.

| OBSERVATIONS. |
|---|
| trocession à la Compagnie des Omnibus. Décret du 15 Septembre 1856.<br>odification de tarifs. Décret du 6 Février 1864.<br>rifs entre le Louvre et Vincennes. Décret du 18 Juin 1875. |
| trocession au sieur Proust. Décret du 1er Février 1860.<br>odification des tarifs. Décret du 27 Février 1864. |
| ssion au sieur Gibiat. Décret du 19 Mars 1862.<br>odification des tarifs. Décret du 6 Février 1879.<br>se en circulation d'un nouveau modèle de voitures. Décret du 19 Septembre 1874.<br>ssion à la Compagnie des Tramways de Sèvres à Versailles. Décret du 28 Juin 1876. |
| trait de la concession. Décret du 24 mars 1858. |
| ssion à la Compagnie des Tramrailroads. Décret du 5 Décembre 1859. |
| ie établie exclusivement pour la Société des Forges de Montataire. |
| trocession partielle à la Compagnie des Omnibus et à la Compagnie des Tramways-Nord. Décret du 18 Octobre 1873.<br>trocession à la Compagnie des Tramways-Sud. Décret du 5 Juin 1875.<br>odification du tracé de la ligne de Villejuif. Décret du 28 Septembre 1875.<br>'ermage par la Compagnie des Omnibus à la Compagnie des Tramways-Sud d'une partie de la ligne circulaire. Décret du 22 Avril 1876.<br>ccordement entre les lignes de Suresnes et Neuilly. Décret du 5 Juillet 1876.<br>odification du tracé du Château-d'Eau à Pantin et Aubervilliers. Décret du 10 Février 1877.<br>odification du traité pour les lignes de Saint-Germain-des-Prés à Clamart et à Châtillon et Fontenay-aux-Roses. Décret du 6 Mars 1877.<br>olongement d'une ligne jusqu'à la Bastille. Décret du 26 Juillet 1877.<br>torisation de nouvelles lignes dans Paris et la banlieue. Décret du 21 Août 1877.<br>probation du traité entre la Ville de Paris et la Compagnie des Omnibus. Décret du 20 Décembre 1877. |
| trocession au sieur Philippart. Décret du 16 Décembre 1873. |
| dification du tracé. Décret du 29 Mars 1874<br>rocession à la Banque Française et Italienne. Décret du 16 Novembre 1874.<br>e d'embranchement sur l'hôtel Frascati. Décret du 6 Avril 1876. |
| sion à la Compagnie générale française de Tramways. Décret du 3 Juin 1876.<br>dification du cahier des charges. Décret du 18 Septembre 1877. |
| rocession au sieur Francq. Décret du 20 Mai 1876. |
| e ferrée sur laquelle est autorisée la traction à vapeur. |
| trocession à la Banque Française et Italienne. Décret du 7 Décembre 1874.<br>sion à la Compagnie générale française de Tramways. Décret du 3 Juin 1876. |
| rocession à la Société financière de Paris et à la Société des Travaux Publics et Constructions. Décret du 3 Octobre 1876. |
| rocession au sieur Sépillaerdt. Décret du 27 Avril 1877. |
| Juin 1877. Rétrocession au sieur Palmer Harding. |
| sion à la Société des Chemins de fer sur routes. Décret du 21 Août 1877. |
| rocession au sieur de la Hault. |
| rocession au sieur de la Hault.<br>sion à la Compagnie générale française de Tramways. Décret du 21 Mai 1877. |
| rocession aux sieurs de Borger et Veroken. |

# CONSTRUCTION DES VOIES FRANÇAISES

---

### OBSERVATIONS PRÉLIMINAIRES.

Avant de donner les détails que nous avons pu recueillir sur les différentes lignes de tramways actuellement construites ou en construction dans notre pays, nous devons faire quelques observations préliminaires, qui expliqueront les lacunes qu'on pourra trouver dans ce qui suit.

Pour les chemins de fer, l'Administration, dont les intérêts sont mêlés d'une manière plus ou moins intime avec ceux des compagnies, a depuis longtemps exigé des comptes exacts et détaillés des dépenses de construction. On a pu, de cette manière, apprécier quelle est la part proportionnelle afférente à chacun des éléments constitutifs de la voie, et, après un certain temps d'expérience, reconnaître quels sont les types les plus économiquement applicables dans chaque cas déterminé.

Pour les tramways, rien de pareil jusqu'ici (1). Il n'est pas douteux que cette lacune ne soit comblée tôt ou tard. Mais comme les compagnies de tramways ne sont actuellement astreintes à fournir à l'autorité administrative aucun détail sur leurs opérations, tant matérielles que financières; comme dans les entreprises d'un genre aussi nouveau, il y a certainement eu en commençant des tâtonnements et des mécomptes, à coup sûr instructifs pour l'avenir, mais qu'on ne tient pas à faire connaître au public, on ne devra pas s'étonner de trouver ces compagnies par trop discrètes sur certains points qu'il serait intéressant de connaître, afin d'imiter ce qui est bien et d'éviter ce que l'expérience a condamné.

Parmi ceux-ci, figurent en première ligne les dépenses de premier établissement pour la voie.

Si, grâce à l'extrême obligeance avec laquelle les ingénieurs, chargés du contrôle des tramways, ont bien voulu nous communiquer les renseignements en leur possession, nous pouvons, dans certain cas, donner d'une ma-

---

(1) Depuis que ceci a été écrit, une circulaire ministérielle du 7 Novembre 1878 est venue combler la lacune que nous signalions. Mais au commencement de Mars 1879, il n'a encore été fourni aucun des renseignements demandés.

nière suffisamment approchée ce que devrait être le prix réel de revient kilométrique des voies construites depuis 1873, nous n'avons en général aucune décomposition exacte de cette dépense en ses éléments constitutifs. Souvent même, la dépense en bloc, par kilomètre, nous manque totalement.

Dans les cas encore assez rares, où l'on peut se procurer les comptes rendus annuels des compagnies à leurs actionnaires, on n'arrive pas toujours à en déduire le prix moyen du kilomètre de voie construite. Car aux frais de premier établissement proprement dit, viennent le plus souvent s'ajouter, pendant la période de construction, les sommes qu'il a fallu payer pour le service des actions et obligations, etc. Sous ce titre capital de premier établissement, on comprend des dépenses de toute nature, tout à fait étrangères à la construction et qui font ressortir le coût kilométrique à un taux exagéré, alors que le capital réellement afférent à la voie est infiniment moins considérable.

Quoi qu'il en soit, dans ce qui suit nous nous attacherons, autant que cela nous sera possible, à donner sur le mode de construction proprement dit et sur les différentes parties de la voie des détails assez précis pour qu'on puisse, avec une série de prix applicable dans une localité déterminée, établir de toutes pièces le prix de revient pour cette localité de tel ou tel type que nous aurons décrit.

## CONSTRUCTION DES VOIES FRANÇAISES.

En France, la largeur de la voie, de même que les autres détails de construction, ont été jusqu'à présent laissés à l'initiative des auteurs des projets de tramways. On paraît avoir donné généralement la préférence à la largeur de 1$^m$,44 entre les arêtes intérieures des ornières des rails, comme sur les chemins de fer ordinaires. L'exemple des tramways de Glascow (cité p. 29) montre toutefois que, malgré cette similitude de dimensions, il faudrait prendre d'autres dispositions, si le matériel roulant de nos railways devait emprunter les voies en question; et c'est ce qui a été fort bien compris pour le réseau de Lille, comme nous le verrons plus loin. Presque toutes les lignes actuellement exploitées ont été construites avec la voie de 1$^m$,44; il faut cependant en excepter celle de Sèvres à Versailles, où l'on a pris l'espacement des rails égal à 1$^m$,50, et celle des Andelys à Étrepagny, où il n'est que de 1 mètre. Nous verrons du reste que cette dernière, quoique désignée sous le nom de tramway, rentre plutôt dans la catégorie des chemins de fer à voie étroite, établis sur les accotements des voies de communication.

La largeur de l'entre-voie, dans les lignes à deux voies, est aussi essentiellement variable. Sur le réseau de la Compagnie des Omnibus et sur celui des Tramways-Sud, elle est de 1 mètre. Sur le réseau Nord, elle est de 1$^m$,09. Dans les tramways de Lille et du Havre, elle monte à 1$^m$,10, tandis qu'elle n'est que de 0$^m$,90 à Marseille. Cette dernière quantité est certainement un

peu faible; eu égard aux dimensions ordinaires des cars employés en France, elle laisse trop peu d'espace entre eux au moment où ils se croisent. Il conviendrait de ne pas descendre au-dessous de 1 mètre.

Ce qu'on nomme la *zone* du tramway se compose en définitive de la voie simple — ou de la voie double avec son entre-voie, — et de deux bandes latérales de 0$^m$,40 formant accotements. Leur largeur a été arrêtée par l'Administration elle-même. Cette dernière, après avoir pris l'avis du Conseil Général des Ponts et Chaussées, a aussi déterminé les largeurs que devaient présenter les voies de communication pour pouvoir recevoir des tramways. Elle a fixé à 7$^m$,50 — et comme limite minima à 7$^m$,15 — la largeur entre trottoirs des chaussées sur lesquelles on pourra autoriser l'établissement d'un tramway à une seule voie. Quand la ligne doit être double, la chaussée ne doit pas présenter une dimension transversale moindre que 9$^m$,80.

Si l'on compare ces chiffres à ceux qu'on a adoptés à l'étranger, on voit qu'ils sont relativement plus considérables. Le mémoire intéressant que M. l'inspecteur général Raillard a publié dans les *Annales des ponts et chaussées* (1875, 2$^e$ semestre) montre qu'on est moins exigeant en Belgique. A Anvers, le minimum de largeur des chaussées est fixé à 7 mètres, et l'on pense qu'on autorisera l'établissement de tramways sur des chaussées plus étroites, en posant la voie à 0$^m$,50 de l'un des trottoirs et supprimant le stationnement des voitures de ce côté. A Liége, le minimum est de 6 mètres.

A Gand, on reçoit les voies ferrées sur toutes les chaussées où peut se faire le croisement d'une voiture ordinaire et d'un car. C'est ainsi qu'on a établi une ligne dans une rue qui n'a que 6$^m$,45 de largeur entre les maisons et 5 mètres seulement entre les trottoirs. Si l'on remarque que les cars en général ont de 2 mètres à 2$^m$,20 de largeur, on voit qu'il ne reste plus pour la circulation ordinaire qu'un espace de 2$^m$,80 à 3 mètres de large; et malgré ces dimensions restreintes, il ne paraît pas que le trafic ordinaire ait souffert de l'établissement de la voie en question. L'introduction des tramways chez nous est encore de date trop récente pour qu'on soit suffisamment édifié sur la gêne que peuvent causer à la circulation des autres véhicules les voitures à parcours fixe, traversant des rues relativement étroites. L'Administration a donc agi sagement en prescrivant pour le présent les dimensions que nous avons citées plus haut. Quand nous serons mieux habitués aux tramways et quand l'expérience se sera prononcée, il n'est pas douteux que nous ne suivions, dans une certaine mesure, l'exemple que nous donnent nos voisins.

La règle en France est de placer les voies de tramways au milieu des chaussées qu'elles empruntent. Cependant, dans certains cas, on a admis des dérogations à ce principe. Les chiffres que nous avons indiqués plus haut pour les largeurs minima des chaussées ont été déterminés en vue de permettre le stationnement des voitures ordinaires de chaque côté de la voie, le long des trottoirs. Pour rester dans la règle, les Compagnies de tramways ont dû quelquefois diminuer la largeur des trottoirs existants, en les ramenant au strict minimum. C'est ce que la Compagnie des Tramways-Sud a dû faire dans la rue Lecourbe. — Enfin, dans des cas très exceptionnels, et quand le

retrécissement des trottoirs n'a pas été suffisant, on a supprimé le stationnement sur un des côtés de la rue. Mais comme cette mesure extrême apporte une gêne considérable dans l'exploitation des propriétés riveraines et qu'elle peut même causer un assez grand préjudice dans les quartiers commerçants, on n'y a recours qu'après l'accomplissement de formalités très rigoureuses.

D'autres modifications ont aussi été apportées aux premières prescriptions. La largeur autorisée pour les cars était, dans le principe, fixée à 2 mètres, et on avait réservé une largeur libre de $2^m,75$ de chaque côté de la voie pour le stationnement et la circulation des voitures ordinaires. Un peu plus tard, la largeur des cars a été portée à $2^m,20$; et récemment, à propos des tramways de Nantes, l'Administration a décidé que l'espace libre à laisser entre les cars et les trottoirs pourrait être réduit à $2^m,50$.

Comme conséquence de la suppression du stationnement le long d'un trottoir, on avait admis en principe que, dans ces cas tout à fait exceptionnels et sur lesquels l'Administration aurait à statuer d'une manière spéciale, le rail extérieur d'une voie de tramway pourrait être rapproché jusqu'à $0^m,50$ de la bordure du trottoir, et que les compagnies pourraient également diminuer à leurs frais la largeur de ce dernier ; mais on n'avait déterminé aucune limite pour ce rétrécissement et pour la largeur minima qui devait être maintenue au trottoir. Cette lacune a été comblée depuis quelque temps, et il a été décidé que la largeur libre minima à conserver entre les cars et les maisons ne saurait, dans aucun cas, être inférieure à 1 mètre.

Quand les tramways se sont introduits en France, l'Administration avait autorisé leur établissement sur les chaussées d'empierrement sans exiger le pavage de l'entre-rails et des bordures extérieures. Les nouveaux cahiers de charges rendent ce pavage obligatoire. Son emploi du reste évite bien des inconvénients, tant pour le public que pour les compagnies elles-mêmes; et surtout pour les villes importantes, cette prescription est une mesure dont la convenance ne saurait être contestée. Mais elle donne lieu à une augmentation dans les frais de premier établissement, et a suffi, paraît-il, dans certains cas, pour faire reculer des promoteurs de nouvelles lignes.

La nécessité pour les tramways de suivre les courants de circulation existants, et par suite d'emprunter des rues ou boulevards dont la direction peut être variable d'un point à un autre, a entraîné avec elle l'obligation de recourir à des courbes de rayon quelquefois fort restreint pour raccorder des alignements droits. De même que sur les chemins de fer, les courbes que l'on a choisies sont le plus généralement des arcs de cercle; et suivant les cas, quand il est utile d'augmenter autant que possible les rayons, la voie peut être maintenue dans l'axe de la chaussée ou déviée contre les trottoirs. Quand la nécessité force à recourir à des courbes raides, et par suite à des rayons de faible longueur, il faut employer des moyens spéciaux pour faciliter le passage des cars en ces points. Comme nous le verrons plus loin, la plupart des cars employés en France reposent sur quatre roues, invariablement fixées deux à deux sur des essieux dépendant d'un bâti rigide, et par suite ne pouvant prendre aucun mouvement de déplacement l'un par rapport

à l'autre. On conçoit aisément, sans qu'il soit nécessaire d'entrer ici dans de longues explications, que les boudins des roues s'inscriront suivant une corde dans la couronne annulaire que forme l'ornière du rail en courbe. Cette corde a une longueur obligatoire minima, si l'on veut que le tambour de la roue porte sur la table de roulement. Mais comme les rails sont tous laminés sur le même modèle, la dimension de l'ornière normale est invariable; aussi pourra-t-il arriver, suivant la longueur des rayons des courbes, que la corde minima dont nous venons de parler ne puisse s'inscrire dans la surface annulaire courbe de la gorge; le tambour ne sera plus en contact avec la table de roulement et la roue sera supportée par son boudin s'appuyant contre l'ornière, de part et d'autre de la verticale; par sa partie extérieure, il butera contre l'arête intérieure de la table de roulement, tandis que sa partie intérieure verticale frottera contre le contre-rail. Il se produira alors dans ces points ou surfaces de contact un coïncement d'autant plus grand que le rayon de la courbe sera plus petit, et cette action se traduira par une augmentation considérable du tirage, une tendance au déraillement, une usure anormale des boudins et du rail et une dislocation de la voie.

Pour atténuer ces inconvénients, tout en continuant à se servir des cars à essieux fixés d'une manière invariable, on a souvent remplacé le rail à ornière de l'extérieur de la courbe par un rail plat, sur lequel roule le boudin de la roue, pendant son passage dans la courbe.

Nous donnons ici comme exemple (*fig.* 126) le diagramme des déplacements

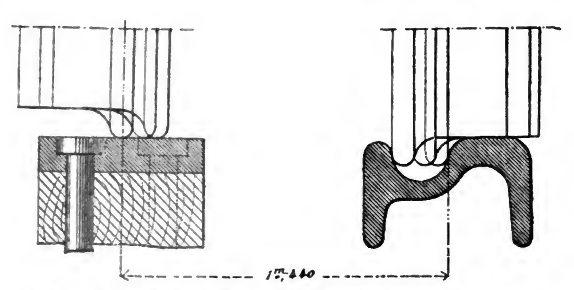



Fig. 126. — Rail plat employé dans les courbes. — Tramways-Sud de Paris. — Échelle 1/3.

des roues qui se produisent en pareil cas. Dans les circonstances de ce genre, le rail plat est généralement fixé sur la longuerine au moyen des boulons dont la tête affleure la surface plane supérieure sur laquelle se meuvent les boudins; et on lui donne aussi quelquefois une surélévation, variable avec la vitesse suivant laquelle la courbe doit être franchie. Beaucoup de constructeurs prétendent que pour une bonne exploitation, il faut recourir au rail plat quand le rayon de la courbe doit être inférieur à 40 mètres. Quand la voie est double et que la courbe à franchir est en pente, on a quelquefois

admis de parti pris la conservation intégrale des deux rails à ornière dans celle des deux voies que les cars parcourent en descendant. Le coïncement des boudins des roues dans les ornières agit alors à la manière d'un frein pour modérer et atténuer notablement la vitesse de descente. Dans tous les cas, cet effet ne se produit qu'au détriment de la voie et des roues et ne doit pas être conseillé pratiquement dans un trafic sérieux. Les essieux peuvent se fausser et l'usure des boudins est tellement grande que les roues sont bientôt hors de service. Sur la voie de remontée, au contraire, le rail extérieur à ornière est remplacé par un fer plat qui soulage les chevaux en diminuant le tirage, et qui permet aussi d'utiliser l'effet de conicité qui se produit, parce que les roues extérieures, portant sur leurs boudins, roulent sur des circonférences de plus grand rayon. La majeure partie des inconvénients qu'on vient de signaler disparaissent quand les deux essieux peuvent se déplacer l'un par rapport à l'autre, comme dans les nouveaux cars de la Compagnie des Omnibus, et se diriger automatiquement suivant les rayons de la courbe qu'il faut franchir. Nous aurons aussi l'occasion de signaler quelques dispositifs conçus en vue d'obtenir ce même résultat.

On conçoit aisément que le rayon des courbes de raccordement aux tournants des rues dépendra de la largeur de ces rues, de celle du véhicule et de l'angle des alignements droits qu'il faut réunir. Dans le mémoire dont nous avons parlé plus haut, M. Raillard a donné différents tableaux qui permettent de trouver :

1° Le surhaussement à donner au rail extérieur dans les courbes.

2° Les valeurs maxima des rayons des arcs de cercle de raccordement au croisement de deux chaussées à angle droit, dans la double hypothèse où le tramway est placé sur le bord extérieur, ou sur l'axe des chaussées.

3° Les valeurs minima de l'angle de croisement permettant un raccordement en arc de cercle avec un rayon de 15 mètres ou de 50 mètres, et dans la double hypothèse que nous venons d'indiquer. Il a également calculé la largeur que doit avoir l'ornière, dans des courbes de rayons déterminés, pour éviter le frottement des boudins des roues contre les faces opposées de l'ornière.

Le surhaussement dépend, on le conçoit bien, de la vitesse avec laquelle on passe en courbe. M. Raillard a trouvé que, pour un rayon de 15 mètres, il doit être de $0^m,012$ quand on marche à 4 kilomètres à l'heure, et de $0^m,050$ quand la vitesse atteint 8 kilomètres. Comme on franchit généralement les courbes au pas, c'est-à-dire avec une vitesse voisine de 4 kilomètres, et que de plus les boudins des roues ont toujours au moins $0^m,012$ de hauteur, on voit que l'adoption du rail plat, dont nous parlions il y a un instant, fournit, sans travail spécial, le moyen d'atténuer la tendance au déraillement, due à la force centrifuge du véhicule.

Comme les courbes dépendent forcément du parcours même de la voie, leurs rayons sont essentiellement variables d'un tramway à l'autre et aussi sur le même tramway. Si, dans quelques cas exceptionnels, comme sur les tramways de Lille, on est descendu à des rayons de 12 et de 15 mètres seule-

ment, on cherche généralement à ne pas avoir de courbes de moins de 30 mètres. A Paris, on a essayé d'employer des courbes de 20 mètres; mais on a dû les changer bientôt. La limite inférieure généralement reçue pour les rayons de courbure paraît être de 25 mètres; et encore faut-il qu'on ne puisse faire autrement.

La largeur d'ornière le plus ordinairement adoptée est de $0^m,032$. Pour la voie Marsillon employée à Lille, elle est de $0^m,30$. Dans une décision récente, le Conseil Général des Ponts et Chaussées a prescrit pour les tramways de Nantes une ornière de $0^m,029$ au lieu de $0^m,030$ qui figurait dans les projets de la compagnie. Dans un rapport, lu à la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale, M. l'inspecteur général Rousselle, alors chargé du contrôle des tramways de la Seine, a porté la dimension autorisée à $0^m,035$. — Comme on le verra dans les quelques exemples que nous examinerons, cette largeur reste toujours comprise entre $0^m,029$ et $0^m,035$.

Les sections des principaux rails employés à Paris ont été données, p. 117 et suivantes. On nous permettra d'y revenir en quelques mots et de parler en même temps des autres éléments principaux de la voie. Les rails employés sur les différents réseaux de tramways dans Paris tendent actuellement à se rapprocher d'un type commun dérivant de celui des rails anglais. Comme ceux qui ont d'abord été mis en service présentaient quelques particularités intéressantes, nous examinerons ce qui s'est fait dans chaque compagnie.

Nous passerons ensuite en revue les principaux tramways actuellement en service ou en construction dans les départements.

## Compagnie des Omnibus.

Le rail employé d'abord par la Compagnie des Omnibus pour ses voies ferrées était celui de M. Loubat plus ou moins modifié. Il était fixé sur les longuerines au moyen de chevillettes courbes en fer, placées latéralement. Les oreillettes n'ayant que de fort petites dimensions, la stabilité était médiocre. Il a été abandonné et remplacé d'abord par celui que représente la *fig.* 71 (p. 117), puis par celui de la *fig.* 127; ce dernier est destiné à être substitué partout sur les lignes, au fur et à mesure que l'ancien type sera hors de service. Il se rapproche beaucoup du rail anglais, mais il en diffère cependant en ce que son profil inférieur, au lieu d'être plat, est à peu près semblable au profil supérieur. Il pèse 23 kil. au mètre courant. — Sa largeur est de $0^m,098$ à la partie supérieure. Ses parois ont un léger fruit qui porte sa largeur à la base à $0^m,10$. La table de roulement a $0^m,050$; l'ornière, $0^m,032$; le rebord intérieur de l'ornière ou contre-rail a $0^m,018$. L'ornière est à fond rond avec parois évasées pour faciliter l'enlèvement des détritus qui peuvent s'y accumuler; elle a environ $0^m,026$ de profondeur. Ce rail repose sur des longuerines larges de $0^m,10$ et hautes d'environ $0^m,15$. Il est fixé sur elles à l'aide de boulons verticaux à tête fraisée, de $0^m,010$ de diamètre, munis

d'une rondelle et d'un écrou qui donnent un serrage énergique au moment de la pose. Les extrémités de deux rails contigus sont réunies au moyen d'une éclisse ou plaque de joint, qui est plate à sa partie inférieure et qui, à sa partie supérieure, épouse la forme du dessous du rail. Ces plaques, partiellement noyées dans les longuerines, ont environ 0m,25 de longueur sur 0m,08 de largeur. Elles sont percées de quatre trous, distants de 0m,05, dans lesquels passent quatre boulons, qui traversent également les rails et les longuerines et réunissent ainsi ces trois pièces, en formant un tout solidaire. Les trous dans les éclisses ont une forme allongée, afin de laisser une certaine latitude aux mouvements des rails sous l'influence de la température.

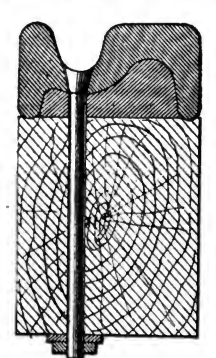


Fig. 127. — Coupe de la voie de la Compagnie des Omnibus. Echelle 1/3.

Les longuerines sont généralement en chêne, et par longueurs de 2 mètres. Elles sont réunies entre elles au moyen d'éclisses en fer de 0m,25 de longueur, de 0m,04 de largeur, percées de deux trous de forme allongée dans lesquels passent des boulons munis d'écrous.

La voie ne comporte ni entretoises, ni traverses. On se contente purement et simplement de la butée du pavage pour maintenir les longuerines à leur écartement normal. La Compagnie a réalisé ainsi une économie notable, sans se préoccuper du jeu que peut prendre la voie.

Ce système donne lieu aux objections suivantes : La perforation verticale du bois est défectueuse; l'expérience l'a démontré depuis longtemps. Elle amène fatalement l'infiltration des eaux dans le corps de la longuerine et produit une rapide altération du bois, aussi bien le long du boulon que sous la surface d'appui de l'écrou inférieur. Le serrage de ce dernier diminue d'intensité par suite de la pourriture plus ou moins rapide du bois, le rail cesse d'adhérer étroitement sur la longuerine; on retombe alors sur les inconvénients du mode d'attache primitif par tire-fond; ou bien il faut avoir recours à d'incessantes réparations. Ces dernières sont du reste assez difficiles à exécuter; rien que pour resserrer les écrous, il faut non seulement enlever les rangs de pavés qui avoisinent le rail, mais encore dégarnir le dessous de la longuerine. C'est, comme on le voit, un travail plus long et par suite plus coûteux que celui qu'exigent les autres systèmes décrits antérieurement pour les voies anglaises. L'expérience a montré aussi que l'éclissage des rails n'est pas suffisant. Une autre objection grave, c'est le manque absolu d'entretoisement de la voie. On a dit plus haut que, dans le but de faciliter le passage dans les courbes et de permettre de dérailler à volonté, l'avant-train des cars peut être rendu mobile. En outre, pour diminuer l'effort de traction à exercer par les chevaux, les roues sont munies de boudins d'un côté seulement du car; tandis que celles de l'autre côté sont garnies

d'un fer plat et roulent sur le rail sans y pénétrer. Dans ces conditions, la Compagnie des Omnibus a pensé qu'un parallélisme rigoureux pour les rails n'était pas absolument nécessaire, et elle n'a eu recours à aucun entretoisement.

Les voies établies de cette manière peuvent bien être suffisantes pour le matériel roulant qui y circule actuellement, mais on voit qu'*à priori* les cars à essieux fixes devront éprouver de grandes difficultés, sinon même des impossibilités, à y passer. Il en sera de même à plus forte raison pour les machines de traction, quel que soit leur système. Or, en ce moment, on peut constater une tendance, bien justifiée du reste, à remplacer les chevaux par la traction mécanique. Dans l'état actuel des voies dont nous nous occupons, cette dernière serait à peu près impossible. Le jour où la Compagnie voudra y recourir, il faudra qu'elle refasse toutes ses lignes.

Une autre source de difficultés pourra naître aussi de ses rapports avec les compagnies voisines. Aux termes du cahier des charges, des compagnies différentes peuvent être autorisées à parcourir des portions plus ou moins considérables d'une même ligne ; et pour Paris, il a été arrêté que, dans ce cas, la Compagnie qui circule sur une voie étrangère à son propre réseau devra employer un matériel semblable à celui de la compagnie principale. Comme les Compagnies de Tramways-Nord et Sud ont jusqu'ici fait un usage à peu près exclusif des cars à essieux fixes, il est très probable qu'il surgira tôt ou tard, entre elles et la Compagnie des Omnibus, des conflits assez difficiles à résoudre.

Le réseau de la Compagnie se divise en deux parties qui figurent dans ses comptes sous le nom de Voies ferrées et de Tramways proprement dits.

Les voies ferrées comprennent tout ce qui provient de l'ancienne concession Loubat. Elles ont une longueur de 29 250 mètres. [La Compagnie exploite en outre en participation la ligne de Sèvres à Versailles.] D'après les comptes de 1877, la dépense pour frais de premier établissement, études, projets, etc., remboursés à M. Loubat, et construction des voies de circulation, monte à 1 613 273f,83, soit à 55 154 fr. par kilomètre. Ces sommes ne comprennent ni la cavalerie, ni le matériel, ni les immeubles affectés au service.

Les tramways proprement dits se composent de la manière suivante :

| | |
|---|---|
| 1° Les deux lignes qui conduisent de l'Étoile au Trône. . . . . . . . | 10 500 mètres |
| 2° Du cimetière Saint-Ouen à la Bastille. . . . . . . . . . . . . . . . | 6 850 — |
| 3° Du Louvre au pont de Charenton. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 8 500 — |
| 4° De la Chapelle au square Monge. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 6 300 — |
| 5° De la gare de l'Est à Montrouge. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 6 350 — |
| 6° Du chemin de fer de Ceinture (avenue de Vincennes) aux Halles. | 5 450 — |
| 7° Du Louvre à la Muette. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 6 200 — |
| 8° De la Bastille à l'avenue d'Antin, par le boulevard Saint-Germain. | 5 500 — |
| 9° De la gare d'Orléans au Champ de Mars et à la place de l'Alma. . | 5 750 — |
| 10° Du boulevard Haussmann au coin de la rue de Rome, à Passy, par le Trocadéro. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 5 700 — |
| Soit une longueur totale de. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 67 100 mètres |

Si l'on en déduit les tronçons communs à d'autres lignes pour ne pas faire double emploi, il reste 54 238 mètres.

Les lignes n° 1 étaient déjà exploitées en 1876. Leur dépense de premier établissement a été réglée à 802 921f,93, soit 76 468 fr. le kilomètre de voie double, y compris les raccordements des dépôts.

Les autres lignes sont de construction plus récente. Elles ont été livrées à l'exploitation :

Le n° 6, le 4 Décembre 1877
— 5, le 27 Décembre 1877
— 2, } en Janvier 1878
— 4, }

et les autres dans le courant de 1878.

Au 31 Décembre 1877, la Compagnie avait dépensé, pour les lignes de 2 à 10, 1 611 768f 67. A cette époque, on ne connaissait pas encore le chiffre des dépenses à effectuer en 1878, ni leur attribution à chacune des lignes en particulier. Mais, d'après les renseignements qu'avait bien voulu nous donner M. le président de la Compagnie, le prix moyen d un kilomètre de voie double établie sur une chaussée pavée devait être d'environ 51 000 fr. Quand, au contraire, la voie est a paver, la dépense moyenne devait monter à d'environ 109 700 fr. par kilomètre. En ne tenant pas compte des terrassements, du pavage, etc., on peut établir de la manière suivante le prix de revient des matières premières de la voie des Omnibus, avec rails de 23 kil. au mètre courant; et en y comprenant la pose :

PRIX DE REVIENT POUR 6 MÈTRES DE VOIE SIMPLE.

| | |
|---|---|
| 2 rails de 6 mètres à 23 kil. ; 276 kil. à 0f,25 | 69f,000 |
| 6 longuerines en chêne de 2 mètres de long à 4 fr. | 24 ,000 |
| 2 plaques de joint des rails, en fonte à 1k,500 ; 3 kil à 0f,225 | 0 ,675 |
| 6 plaques de joint des longuerines, en fer, à 0k,780, soit 4k,680 à 0f,30. | 0 ,140 |
| 24 boulons à 0k,475 à 0f,30 | 0 ,110 |
| Pose à 3 ,50 le mètre courant; pour 6 mètres | 21 ,000 |
| Total pour 6 mètres | 118f,295 |
| — par mètre courant | 19 ,720 |
| — par kilomètre | 19 720 fr. |

Soit en nombres ronds 20 000 fr. par kilomètre.

Depuis, la Compagnie a publié le résultat de ses opérations en 1878. — Les dépenses réellement faites pour l'établissement de tout le réseau actuel montent à 5 693 254f,74.

Le tableau suivant donne la décomposition de cette somme pour chacune des lignes.

| DÉSIGNATION DES LIGNES. | LONGUEUR des lignes en exploitation. | LONGUEUR des lignes construites (y compris les voies d'accès) | PRIX de revient pour la voie double. | SOMMES dépensées par ligne. |
|---|---|---|---|---|
| | mètres. | mètres. | francs. | francs. |
| De l'Étoile à la Villette. | 6 065 | 10 668 | 79 094,37 | 843 778,81 |
| De la Villette au Trône. | 4 568 | | | |
| Cours de Vincennes aux Halles. | 5 450 | 5 220 | 109 324,22 | 570 672,45 |
| Montrouge à la gare de l'Est. | 6 350 | 2 749 | 129 205,87 | 355 186,96 |
| La Chapelle au square Monge. | 6 300 | 4 589 | 95 696,30 | 439 150,33 |
| Cimetière Saint-Ouen à la Bastille. | 6 850 | 5 370 | 104 270,22 | 559 931,11 |
| Louvre à Passy. | 6 200 | 5 185 | 94 987,46 | 510 082,70 |
| Louvre à Charenton. | 8 500 | 7 550 | 127 091,99 | 959 544,54 |
| Bastille au pont de l'Alma. | 5 500 | 4 857 | 93 708,50 | 455 142,20 |
| Gare d'Orléans au pont de l'Alma. | 5 500 | 1 500 | 141 189,71 | 211 784,57 |
| La Muette à la rue Tronchet. | 5 825 | 3 500 | 141 140,93 | 493 993,26 |
| Auteuil à Boulogne. | 2 760 | 2 750 | 100 251,04 | 275 690,38 |
| Trocadéro à la Villette. | 7 365 | » | » | » |
| Lignes nouvelles. (Études). | » | » | » | 867,95 |
| Voies provisoires (service de l'Exposition). | » | 300 | » | 17 430,38 |
| | » | 54 238 | 104 968,00 | 5 693 254,74 |

Le prix de revient kilométrique a varié, comme on le voit, depuis 93 708f,50 jusqu'à 141 189f,71 pour la voie double ; le prix moyen est de 104 968 fr. Les variations de dépenses pour les différentes lignes proviennent de la plus ou moins grande surface de pavage à exécuter, et des travaux d'art, tels que déplacements d'égouts, d'arbres, de candélabres, élargissements de voies, modifications de trottoirs. Les parties exécutées pendant le temps de l'Exposition ou en vue de cette solennité ont aussi coûté plus cher, à cause des travaux de nuit exécutés en vue de hâter l'achèvement du réseau.

## Tramways-Sud.

Le rail employé sur les lignes de la Compagnie des Tramways-Sud ressemble comme forme générale à celui de la Compagnie des Omnibus. M. Harding, qui l'a adopté dans la construction du réseau, l'a toutefois modifié à la partie inférieure, comme le montre la *fig.* 126. Il a en outre remplacé le fer par l'acier et a pu ramener ainsi son poids à 20 kil. par mètre courant, tout en lui laissant la même force et la même raideur. Ce rail repose sur des longuerines en chêne de 0m,10 de largeur sur 0m,14 de hauteur.

Ici on a profité de l'expérience acquise, et on a abandonné complètement le système d'attaches verticales. Le rail est fixé sur la longuerine au moyen d'agrafes de 0m,08 de hauteur verticale et dont les extrémités recourbées à angle droit pénètrent de 0m 03 dans le bois. Dans le principe, les deux branches étaient disposées en tranchant de ciseau, ce qui avait l'inconvénient de couper les fibres du bois au lieu de les écarter simplement; on les a ensuite terminées en pointe. En outre, comme le retour supérieur attaquait la longuerine en un point où il ne pouvait trouver grande adhérence et ne pouvait que nuire à la conservation du bois, on a fini par revenir pour cette extrémité au tenon de l'agrafe anglaise, pénétrant dans un trou préparé à l'avance.

Un des grands inconvénients du rail à ornière ordinaire posé sur longuerines, c'est qu'il ne se prête qu'imparfaitement à l'éclissage; nous avons signalé, il y a un instant, le défaut des voies de la Compagnie des Omnibus sous ce rapport; les bouts des rails se lèvent sous le passage des charges, et les cars en roulant éprouvent une série de chocs qui les endommagent, et sont aussi préjudiciables à la conservation de la voie. Tous les constructeurs de tramways se sont à juste titre préoccupés de ces effets destructeurs, et ont cherché à y remédier. Après plusieurs essais, on est arrivé sur les Tramways-Sud à un système qui est l'un des plus satisfaisants qui aient été employés. Il est représenté dans les *fig.* 128-129.

*Tramways-Sud.*

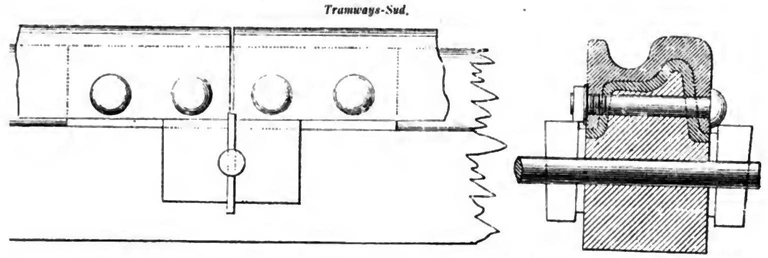


Fig. 128. Élévation d'un joint des rails. Échelle 1/1.

Fig. 129. — Coupe montrant l'éclisse et l'about d'une entretoise. Échelle 1/1.

L'éclisse est une plaque de fer épaisse de 0m,008 qui épouse complètement la forme inférieure du rail et vient se retourner sous les oreillettes et se terminer dans le plan des faces verticales des longuerines. Elle a 0m,24 de longueur. Elle est percée, ainsi que le rail, de quatre trous qui se correspondent — deux sur chaque bout de rail, — et qui donnent passage à quatre boulons de 0m,015 de diamètre, traversant également la partie supérieure de la longuerine. Les trous sont distants de 0m,06 d'axe en axe. Les boulons ont une longueur telle que leur tête d'une part et l'écrou avec sa rondelle d'autre part ne présentent pas une saillie de plus de 0m,010 sur le nu des longuerines. Comme on donne généralement à Paris 0m,010 de largeur aux joints du pa-

vage, on voit que les pavés qui sont appliqués contre la tête ou l'écrou du boulon ne fournissent pas de joints supérieurs à ceux qu'on rencontre ordinairement. Ce système tout récent, qui rappelle les éclissages des voies de fer ordinaires, a l'avantage d'assurer une fixité à peu près absolue aux extrémités des rails et d'établir une liaison intime et efficace entre ces trois parties de la structure, rail, longuerine et éclisse. Il a donné jusqu'ici d'excellents résultats, et paraît devoir être recommandé partout où la forme inférieure des rails se prêtera à une disposition analogue, c'est-à-dire partout où les oreillettes auront une hauteur assez considérable. Il est aussi appliqué sous la forme que représente la *fig.* 129 *bis*, et on commence à y recourir en Amérique, quelque soit la forme au profil inférieur.

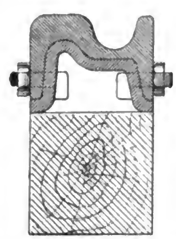


Fig 129 *bi* . — Éclissage des rails à oreillettes. Éch. 1/4.

Les voies des Tramways-Sud sont toutes entretoisées; c'était une nécessité à cause de la disposition du matériel, les essieux des cars étant invariablement fixés au bâti des caisses. La traction mécanique qu'on a essayée sur ce réseau eût du reste été impossible sans cette précaution. Les entretoises étaient tout d'abord analogues comme disposition à celles que M. Larsen avait primitivement employées dans les tramways sur rues de Londres (*fig.* 27, p. 35). Une des extrémités du fer plat qui les constituait avait la forme d'un T. L'autre portait un bout de fer rond traversant la longuerine et maintenu au moyen de deux clavettes s'appuyant sur le bois par l'intermédiaire de plaques ou rondelles métalliques.

Dans la suite, une modification avait été apportée à ce système. L'extrémité fixe, au lieu de se composer d'une partie en forme de T et d'une contre-plaque d'éclissage, avait été formée d'une mâchoire, ou coussinet en tôle, rivée à l'extrémité de l'entretoise. Elle recevait la longuerine qu'on y fixait au moyen de longues pointes. Mais comme les dimensions de la mâchoire coïncident rarement avec celles de la longuerine, il y a peu de fixité dans ce genre d'entretoisement, malgré l'avantage qu'il présente d'éclisser au besoin les longuerines. La pratique vers laquelle on tend paraît être celle du clavetage à chaque bout de l'entretoise. Elle est sans doute économique; mais il y a lieu de douter de son efficacité pour maintenir l'écartement des voies rigoureusement constant; et les difficultés que la traction mécanique a rencontrées sur le réseau Sud tiennent probablement autant au manque de parallélisme qu'à l'état plus ou moins bon de la voie proprement dite.

Nous trouvons dans le rapport du conseil d'administration de la Compagnie à l'assemblée générale des actionnaires, tous les renseignements relatifs à la longueur du réseau construit et exploité au 31 Décembre 1878. Le tableau suivant en donne le résumé; il indique en même temps la décomposition de la longueur totale des voies actuellement construites, et fait connaître quelle est la partie réellement consacrée au trafic et qui constitue les recettes de la Compagnie.

| DÉSIGNATION DES LIGNES. | | LONGUEURS CONSTRUITES. | | | | LONGUEURS DE TRAFIC | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Voie simple | Voie double. | Accessoires. | Totales. | partielles. | totales. |
| | | mètres. | mètres | mètres. | mètres. | mètres. | mètres. |
| Saint-Germain-des-Prés à Fontenay. | Intra muros. | 5 3,45 | 7256,46 | 269,52 | 8089,43 | 4191,68 | 9068,42 |
| | Extra muros. | 2651,30 | 4450,88 | 109,80 | 7211,98 | 4876,74 | |
| De l'Étoile à Montparnasse. | | » | 8376,24 | 235,50 | 8611,74 | 4188,12 | 4188,12 |
| De Montparnasse à la Bastille. | | » | 9364,35 | 284,02 | 9648,37 | 5039,52 | 5039,52 |
| De la gare d'Orléans à Villejuif. | Intra muros | 38,65 | 7621,81 | 169,85 | 7830,31 | 3849,56 | 5679,46 |
| | Extra muros | » | 3659,80 | 99,85 | 3759,65 | 1829,90 | |
| De Saint-Germain-des-Prés à Clamart. | Intra muros. | 31,25 | 6059,04 | 55,30 | 6145,59 | 4908,36 | 9744,58 |
| | Extra muros. | 2130,60 | 5410,84 | 111,35 | 7652,99 | 4836,22 | |
| De la place du Trône à Montreuil. | Intra muros. | 147,65 | 2581,98 | 40,45 | 2770,08 | 1438,64 | 4144,73 |
| | Extra muros. | 2032,51 | 1347,16 | 37,90 | 3417,57 | 2706,09 | |
| De la Bastille à Charenton. | Intra muros. | » | 6523,20 | 143,94 | 6667,14 | 3512,95 | 6143,35 |
| | Extra muros | 848,56 | 3563,68 | 99,25 | 4511,49 | 2630,40 | |
| De la gare d'Orléans à la place du Trône. | | 15,53 | 6707,06 | 190,49 | 6913,08 | 4225,00 | 4225,00 |
| Du Jardin de Cluny à Ivry. | Intra muros. | » | 8587,48 | 175,42 | 8762,90 | 4861,19 | 7479,40 |
| | Extra muros | 1425,10 | 2386,82 | 43,20 | 3855,12 | 2618,21 | |
| Du Jardin de Cluny à Vitry. | Intra muros. | » | 87,84 | » | 87,84 | 4103,67 | 8569,32 |
| | Extra muros. | 2756,04 | 1650,18 | » | 4406,22 | 4465,65 | |
| Des Champs-Elysées à Vanves. | Intra muros. | » | 6408,95 | 23,15 | 6432,10 | 4992,44 | 6753,22 |
| | Extra muros. | » | » | » | » | 1760,78 | |
| Totaux. | | 12640,84 | 92043,77 | 2088,99 | 106776,60 | 71035,12 | 71035,12 |
| Dépôts (rue Delambre, Malakoff, etc. | | » | » | » | 6298,75 | » | » |
| Total. | | » | » | » | 113072,35 | » | » |

Il est assez difficile de donner le prix exact de revient du kilomètre de voie des Tramways-Sud. D'une part, le réseau ne s'est terminé que dans le courant de 1878, et les comptes de l'exercice viennent à peine d'être publiés. D'autre part, M. Harding, en cédant sa concession à la Compagnie actuelle, s'était réservé la construction des voies, en vertu d'un contrat dont les conditions paraissent avoir été modifiées dans la suite. Malgré cet arrangement, des difficultés sont survenues entre ce constructeur et la Compagnie rétrocessionnaire; et le règlement des comptes a donné lieu à un procès qui n'est pas terminé au moment où nous écrivons. Nous donnerons plus loin un détail se rapportant à l'une des voies des Tramways-Nord, et dont le prix de revient pourrait, en tant qu'il s'agit des matériaux de la voie, s'appliquer aussi aux Tramways-Sud, si les travaux avaient été exécutés dans les conditions ordinaires, au lieu d'être cédés au concessionnaire primitif (1).

Nous ajouterons seulement quelques mots relativement à la réfection des anciens joints que la Compagnie fait en ce moment opérer sur tout son réseau. On a bien vite reconnu que les plaques de joint primitivement employées sous les abouts des rails sont très-insuffisantes. Elles ne maintiennent le niveau des extrémités que d'une manière très-imparfaite. Il en résulte, nous l'avons dit, une gêne considérable pour la circulation et des chocs incessants qui détériorent rapidement le matériel. On leur substitue partout aujourd'hui, sur le réseau Sud l'éclisse que nous avons décrite plus haut. La dépense pour l'enlèvement du pavage, le forage des trous dans le rail (travail qui ne peut se faire que de nuit, pour ne pas interrompre le trafic journalier), la mise en place de l'éclisse et la réfection du pavage monte, à 12 fr. environ par chaque joint, soit 24 fr. pour 6 mètres de voie. ou 4 000 fr. par kilomètre. Cette amélioration a été reconnue indispensable par le service du contrôle, surtout pour les lignes où la traction doit s'effectuer par moyens mécaniques. Elle serait à conseiller pour toutes les voies actuellement existantes dans Paris.

(1) On peut cependant avoir une valeur sensiblement approchée de la dépense faite par kilomètre de voie double. Si l'on remarque que, dans le tableau ci-dessus, la Compagnie accuse 92 043$^m$,77 construits en voie double, 12 640$^m$,84 en voie simple, 2 088$^m$,99 en voies accessoires et 6 298$^m$,35 en voies de dépôts, on peut admettre que la longueur comptée en voie double équivaut à $92\,043^m,77 + \frac{12\,640,84 + 2\,088,99 + 6\,298,35}{2}$, soit 102 557$^m$,86. — Les dépenses accusées sont les suivantes :

| | | |
|---|---|---|
| Marché d'entreprise. | Principal. | 11 946 437$^f$,44 |
| | Annexe. | 1 407 742 ,00 |
| Installation, nouveau réseau. | | 16 326 ,75 |
| Matériel fixe, voie, outillage, 11$^e$ ligne. | | 404 959 ,41 |
| | Total. | 13 775 465$^f$,60 |

Ce qui conduit à une dépense de 134 300 fr. par kilomètre de voie double construite, ou de 193 925 fr. par kilomètre de voie ouverte au trafic.

## Tramways-Nord.

La Compagnie des Tramways-Nord a employé successivement plusieurs formes de rails. Celui que M. Harding a mis en œuvre sur l'avenue de Neuilly appartient au type anglais; il pèse 26 kil. par mètre courant. Il est fixé au moyen d'agrafes latérales; et les longuerines reposent sur des traverses qui maintiennent leur écartement et jouent le rôle d'entretoises. Plus tard, sur la proposition de M. l'ingénieur en chef Saint-Yves, on a appliqué sur plusieurs lignes, entre autres sur celles de l'Étoile, de Suresnes, du boulevard Bineau, de Levallois, etc., un rail d'une autre forme qui ressemble d'une manière à peu près complète à ceux qu'on a employés à Bruxelles (Belgian Street Railway Company) et à Anvers. Celui de la ligne de l'Étoile a les dimensions suivantes :

| | |
|---|---|
| Hauteur du rail près de la table de roulement. . . . . . . . . . | 0m,030 |
| — du contre-rail. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0 ,038 |
| Largeur de la table de roulement. . . . . . . . . . . . . . . . . | 0 ,045 |
| — de l'ornière à l'évasement. . . . . . . . . . . . . . . . . | 0 ,032 |
| — du contre-rail. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0 ,013 |
| — au-dessous de l'ornière et du contre-rail. . . . . . . . . | 0 ,048 |

Il pèse 22 kil. au mètre courant.

Sur les lignes de Saint-Augustin au boulevard Bineau et à Levallois, le poids a été réduit à 18 kil. Le mode d'attache du rail sur les longuerines pour la ligne de l'Étoile mérite une description particulière. Le rail (*fig.* 130) est fixé au moyen de deux rivets sur une bride en fer qui embrasse la longuerine sur sa face supérieure et ses deux faces latérales. L'un des rivets traverse le fond de l'ornière; l'autre est placé au milieu de la table de roulement, et la différence de niveau qui existe entre la partie en dessous de l'ornière et celle qui est en dessous de la table est rachetée par une petite plaque de fer que traverse le grand rivet. La bride se loge dans la longuerine préalablement entaillée de telle manière qu'il n'y ait pas de saillie à l'extérieur. Ses deux branches, longues respectivement de 0m,080 et 0m,10, sont épaisses de 0m,010. Elles sont fixées sur le bois au moyen de quatre grandes pointes placées en quinconce.

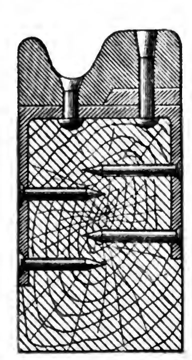


Fig. 130. — Tramways-Nord. Mode d'attache du rail sur la longuerine. Échelle 1/3.

Ce mode d'attache a donné de bons résultats pour ce qui regarde la stabilité. Le grand inconvénient qu'il présente, c'est que le changement des rails ne peut s'effectuer sur place même. Quand l'un d'eux devient mau-

vais, il faut l'enlever avec toutes ses brides et le remplacer par un autre préparé à l'avance.

Sur la ligne de Saint-Augustin, on a eu recours à un autre système mixte. On s'est servi en même temps de boulons verticaux et d'agrafes latérales. Les boulons à tête cylindrique traversent la table de roulement et se fixent au moyen d'un écrou sous la longuerine. Les agrafes se placent du côté du contre-rail; elles ont à leur partie supérieure un tenon pénétrant dans le rail; elles s'attachent à leur partie inférieure au moyen de grandes pointes pénétrant dans la longuerine. L'éclissage des rails se fait d'une manière particulière. L'ornière est percée à 0$^m$,05 environ de chacune des extrémités, et reçoit un boulon à tête fraisée qui la traverse. Chacun des boulons passe au travers de la fente médiane d'une plaque métallique longue de 0$^m$,20, et qui s'emboîte exactement sous le rail : il se serre en dessous d'elle au moyen d'un écrou. Afin de pouvoir faire cette opération sur place, la longuerine présente sous le milieu de la plaque de joint un refouillement où se logent les écrous et où on peut les atteindre et les faire tourner par le côté au moyen d'une clef. La fente de la plaque permet aux boulons de suivre le rail dans ses divers mouvements de contraction et de dilatation. Si l'un des boulons vient à manquer, son remplacement ne présente aucune difficulté.

Sur quelques lignes, on a aussi adopté le type du rail de la Compagnie des Omnibus.

Les longuerines de la ligne de l'Étoile ont 0$^m$,18 de hauteur sur 0$^m$,09 de largeur, et les traverses 0$^m$,17 de largeur sur 0$^m$,12 de hauteur. Elles sont reliées les unes aux autres au moyen de mâchoires en tôle découpée et coudée (*fig.* 131). La partie droite inférieure s'applique sur l'une des faces verticales de la traverse, tandis que les parties coudées sont clouées sur la longuerine. Ces mâchoires donnent une liaison bien complète entre les différentes parties de la structure. On a aussi employé les sabots ordinaires sur d'autres portions du réseau. Sur les lignes de Saint-Augustin, les longuerines ont 0$^m$,14 de hauteur sur 0$^m$,09 de largeur. Les traverses y sont supprimées et remplacées par des entretoises en fer plat de 0$^m$,07 de hauteur sur 0$^m$,005 de largeur, qui sont disposées de la même manière que celles des Tramways Sud.

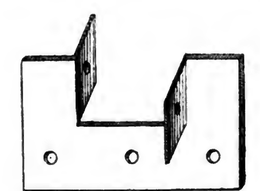


Fig 131. — Tramways-Nord Attache des longuerines sur les traverses. Éch. 1/3.

Avant de quitter ce qui regarde les questions de construction des voies, nous devons indiquer rapidement un nouveau type que la Compagnie va, paraît-il, commencer à employer pour remplacer les anciennes voies hors de service. M. Broca, ingénieur des arts et manufactures, qui en est l'inventeur, l'a fait breveter sous les formes qu'indiquent les dessins de la Pl. XIV. Ce type rentre dans la classe des voies métalliques sur traverses.

Le rail présente à sa partie inférieure un patin analogue à celui du rail Vignole et de 0$^m$,08 de largeur. Une âme de 0$^m$,010 d'épaisseur le réunit à la

partie supérieure qui se compose d'une table de roulement. de l'ornière et du contre-rail. La table a 0m,040 de largeur; l'ornière, 0m 030 de largeur et 0m,021 de profondeur; le contre-rail présente à sa partie supérieure une largeur de 0m.010. La table a un bombement de 0m,002; son arête intérieure est juste dans l'axe de l'âme. Pour donner à l'usure la plus grande marge possible, et augmenter la résistance et la durée, l'inventeur a accumulé la matière, sous la table et à la jonction de l'âme avec la tête. La hauteur totale, qui est de 0m,090 comparée à la largeur du patin, 0m,080, montre que le rail a une stabilité aussi parfaite qu'on peut le désirer.

M. Broca fait porter son rail sur des traverses longues de 2 mètres, larges de 0m,160 et hautes de 0m,080. Quand il s'agit d'une voie macadamisée, le rail est directement fixé sur elles au moyen de crampons. Pour les voies pavées, il repose sur des coussinets métalliques de hauteur telle qu'on puisse aisément exécuter le pavage, tout en laissant une couche de sable suffisante entre le dessous des pavés et les traverses Nous donnons les dessins des différentes formes de coussinets qu'on peut employer. Les rails sont réunis entre eux au moyen d'éclisses boulonnées dont une coupe en grandeur naturelle fait comprendre la disposition.

Ce nouveau genre de voie présente tous les avantages de la voie Vignole, acceptée par tous les chemins de fer. Il a en outre, sur la plupart des voies proposées jusqu'à ce jour, celui de donner une économie notable, aussi bien dans les frais de premier établissement que dans ceux de l'entretien. La pose en est simple, et les réparations se font facilement. Il fait disparaître ces inconvénients des voies posées sur longuerines, où le bois finit toujours par s'altérer, se déformer et faire disparaître le parallélisme et la régularité de la voie. Les rails, éclissés comme ceux des chemins de fer, suppriment les joints défectueux, et avec eux les inconvénients dont on peut se rendre compte en examinant les tramways en exploitation. En effet, dans les voies actuelles, l'eau qui s'infiltre à tous les joints et séjourne dans les vides ménagés pour les plaques ou éclisses, accélère la pourriture; au bout de peu de temps les deux bouts des rails, mal maintenus ensemble, se soulèvent et ne restent plus dans le même plan. Il en résulte des chocs qui, en se répétant à presque tous les joints, détériorent le matériel et la voie. Ici toutes ces causes de détérioration disparaissent Enfin l'emploi de traverses assure le parallélisme rigoureux des deux ornières.

D'après les renseignements qui nous sont fournis par l'inventeur, il paraît que la Compagnie des Tramways-Nord a l'intention de supprimer les traverses, en augmentant la hauteur de l'âme, en portant la largeur du patin à 0m,140 et le faisant reposer sur du ballast. Le parallélisme de la voie serait maintenu au moyen d'entretoises (1).

(1) La Compagnie des Tramways-Nord va l'employer sur 7 kilomètres de voie. Il est en service à Nottingham, sur une longueur de 12 kilomètres, et une autre longueur de 12 kilomètres a dû être livrée le 1er Avril 1879. Il est à l'étude à Birmingham, Glasgow, Newcastle, etc.

Cette voie est ou va être actuellement appliquée à Vienne, à Londres, et sur une partie des tramways du Royaume-Uni. Elle a donné jusqu'ici de très bons résultats.

Le réseau de la Compagnie des Tramways-Nord se compose de la manière suivante (extrait du rapport de M. Rousselle au conseil général de la Seine) :

| | |
|---|---|
| Ligne de la place de la Chapelle à Saint-Denis | 6 257 mètres. |
| — de la place de l'Étoile à Courbevoie | 3 497 — |
| — de Courbevoie à Suresnes | 3 086 — |
| — de Saint-Augustin à Neuilly | 4 405 — |
| — de Saint-Augustin à Levallois-Perret | 4 350 — |
| — de Saint-Augustin à Courbevoie | 6 235 — |
| — de la place Moncey à Gennevilliers | 5 886 — |
| — de la place Moncey à Saint-Denis | 5 788 — |
| — de la place Moncey à Saint-Ouen | 4 171 — |
| — du Château-d'Eau à Aubervilliers | 6 787 — |
| — du Château-d'Eau à Pantin | 6 042 — |
| Total | 56 594 mètres. |
| Déduction faite des tronçons communs aux lignes du réseau ou des réseaux voisins, il reste | 43 342 mètres. |

Dans les *Annales de la construction*, M. Oppermann a donné, en Avril 1875, le prix de revient de la voie de la Porte-Maillot au pont de Neuilly Nous l'indiquons ici, en changeant toutefois le prix de pose de la voie qui est compté à 3f,50 le mètre courant, alors qu'il a réellement coûté 5f,50. Le poids des rails dans cette section est de 29k 500, tandis qu'il n'est que de 22 kil. sur la ligne de l'Étoile à Suresnes, et de 18 kil. seulement sur la ligne de Saint-Augustin à Levallois-Perret, ainsi que nous l'avons déjà dit plus haut.

PRIX DE REVIENT DE 6 MÈTRES DE VOIE SIMPLE.

| | |
|---|---|
| 2 rails de 6 mètres à 29k,500 ; soit 354 kil. à 0f,25 | 88f,500 |
| 2 selles de joint en fonte à 1k,500 ; soit 3 kil. à 0f,225 | 0 ,675 |
| 12 boulons d'attache à 0k,300 ; 3k,600 à 0f,55 | 1 ,980 |
| 12 équerres pour fixer les longuerines sur les traverses, à 0k,400 l'une ; soit 4k,800 à 0f,30 | 1 ,440 |
| 12 mètres courants de longuerines en chêne de 0m,146 sur 0m,10 ; 0mc,1752 à 100 fr. le mètre cube | 17 ,520 |
| 12 mètres courants de main-d'œuvre pour le profil supérieur des longuerines à 0f,50 l'un | 6 ,000 |
| 4 traverses en chêne à 2f,50 l'une | 10 ,000 |
| Pose de la voie à 5f,50 le mètre courant, pour 6 mètres | 33 ,000 |
| Total | 159f,115 |
| — par mètre | 26 ,520 |
| — par kilomètre | 26 520 fr. |

Dans cette dépense ne sont pas compris les frais de terrassements, pavage, etc., variables assurément d'une ligne à l'autre, mais qui représentent souvent un chiffre important.

Dans les leçons qu'il a faites à l'École des ponts et chaussées, M. l'ingénieur

en chef Saint-Yves a donné les devis suivants applicables aux tramways de la Seine, construits avec rails en acier et entretoises. On y a fait la distinction entre ce qui regarde la voie proprement dite, et les travaux de pavage, dans la double hypothèse où : 1° la voie est primitivement pavée; 2° où elle est empierrée et où le pavage doit être fait à neuf.

PRIX DE REVIENT DE LA VOIE PROPREMENT DITE, POUR 6 MÈTRES DE LONGUEUR.

| | | |
|---|---|---|
| 2 rails d'acier de 6 mètres; soit 12 mètres à 21 kil.; 252 kil. à 270 fr. les 100 kil. | | 68f,040 |
| 2 fourrures d'extrémités des rails, à 0k,800 chaque; soit 1k,60 à 270 fr. les 100 kil. | | 0 ,432 |
| 30 crampons de 0k,200 chaque; soit 6 kil. à 0f,65. | | 3 ,900 |
| 4 entretoises à 7 kil l'une, accessoires compris; 28 kil. à 0f,55. | | 15 ,400 |
| 4 longuerines en chêne de 3 mètres à 5f,50 l'une. | | 22 ,000 |
| | | 110f,132 |
| Plus-value pour fonte et bois d'aiguillage et croisement, 1/15. | | 7 ,440 |
| Pose de 6 mètres de voie droite à 1f,25. | 7f,50 | 8 ,250 |
| Plus-value pour courbes et aiguillages, 1/10. | 0 ,75 | |
| Total pour 6 mètres. | | 125f,822 |

Soit par mètre courant 20f,95, ou en nombre rond, 21 fr.

(Remarquons ici en passant que la pose n'est comptée qu'à raison de 1f,25 le mètre courant, tandis qu'elle vaut réellement beaucoup plus.)

PRIX DE REVIENT DU PAVAGE POUR UN MÈTRE COURANT DE VOIE SIMPLE.

*Sur chaussées déjà pavées.*

| | |
|---|---|
| Démolition, terrassement, fourniture de sable et façon de pavage. | 6f,50 |
| Fourniture de boutisses et remplacement de vieux pavés (les vieux pavés restant la propriété de la Compagnie). | 5 ,00 |
| | 11f,50 |

*Sur chaussées empierrées*

| | |
|---|---|
| Démolition du macadam et fouilles. | 1f,80 |
| Transport de déblais de terre. | 1 ,50 |
| Pavage, y compris fourniture de sable et pavés. | 33 ,70 |
| | 37f,00 |

Au moyen de ces éléments, M. Saint-Yves déduit le prix normal d'un mètre courant de voie simple dans les deux hypothèses.

CONSTRUCTION D'UN MÈTRE COURANT DE VOIE SIMPLE.

*Sur chaussée déjà pavée.*

| | |
|---|---|
| Partie métallique, fourniture et pose. | 21f,00 |
| Pavage. | 11 ,50 |
| Raccordement de pavage en dehors de la zone du tramway. | 1f,00 |
| Travaux accessoires, déplacement de bordures de trottoirs, etc. | 1 ,50 |
| Total. | 35f,00 |

*Sur chaussées empierrées.*

| | |
|---|---|
| Partie métallique, fourniture et pose. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 21f,00 |
| Pavage. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 37 ,00 |
| Travaux accessoires. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 ,50 |
| Total. . . . . . . . . . . . . . . . | 59f,50 |

Les travaux accessoires sont comptés seulement à raison de 1f,50 le mètre courant. Cette somme peut suffire dans les cas ordinaires, et elle résulte du relevé de travaux exécutés dans le département de la Seine pour les Compagnies des Tramways-Nord et des Tramways-Sud. Mais elle a été souvent dépassée. Ainsi, dans la rue Lecourbe et l'avenue de Lamothe-Picquet, sur une longueur de 412 mètres, le devis estimatif s'élève pour le pavage seul à 162f,97 par mètre courant. Si l'on y ajoute 21 fr. pour prix de la voie, on arrivera à 183f,97 par mètre courant. Soit 183 970 fr. par kilomètre, tandis que, dans les conditions normales et d'après les devis donnés ci-dessus, le prix de revient serait de 35 000 fr. par kilomètre sur une voie primitivement pavée, et de 59 500 fr. sur une chaussée macadamisée.

Il s'en faut de beaucoup que ces prévisions soient atteintes en pratique. Dans les comptes de premier établissement des Tramways-Nord à la fin de l'exercice 1877, la construction des voies ferrées proprement dites figure pour une dépense de 7 189 089f,20, applicable à une longueur de 56 475 mètres; ce qui donne le chiffre de 127 296 fr comme prix moyen de construction d'un kilomètre de voie proprement dite, c'est-à-dire non compris bâtiments terrains, etc. A la fin de 1878, la dépense totale pour la voie seulement est de 7 339 920f,58. soit 129 968 fr. par kilomètre.

Dans ce qui précède, nous avons indiqué d'une manière très sommaire les avantages et les inconvénients des différentes formes de voies employées dans Paris. Il est deux points principaux sur lesquels elles donnent toutes lieu aux mêmes reproches; c'est l'insuffisance des eclissages et la mauvaise tenue du pavage contre les rails Nous avons montré comment la Compagnie des Tramways-Sud tente de remédier au premier inconvénient. Pour ce qui regarde le pavage, on peut dire que, malgré les réparations incessantes dont il est l'objet, il laisse toujours beaucoup à désirer. Cette situation mérite de fixer d'une manière particulière l'attention des compagnies, si elles ne veulent pas que leurs voies donnent lieu à des plaintes trop justement fondées. Il y aura surtout à examiner si le système de pavage actuellement suivi, et qui donne d'excellents résultats quand il s'applique aux grandes surfaces de nos rues, ne doit pas être modifié quand il s'agit des parties qui avoisinent les tramways. Il se présente là un élément dont il faut tenir compte; c'est la plus grande résistance au tassement que présente la voie, à cause des dimensions plus considérables des pièces qui la constituent, comparées à la surface des pavés pris individuellement; et il ne semble pas qu'on y ait jusqu'ici attaché autant d'importance que le sujet le comporte en réalité.

### Tramways de Seine-et-Oise.

Les tramways concédés dans le département de Seine-et-Oise et actuellement en exploitation sont les suivants : 1° *Ligne de Sèvres à Versailles*, longueur 9225 mètres, ouverte en 1857. 2° *Tramways de Versailles*, longueur concédée : voie simple, 8465 mètres; voie double, 1685 mètres; longueur exécutée, 8700 mètres; restent en lacune 3135 mètres. Les 8700 premiers mètres ont été construits en trois portions qui ont été respectivement livrées au public le 11 Mai 1876, le 21 Avril 1878 et le 20 Mai 1878. 3° *Ligne de Rueil à Marly*, longueur concédée et exécutée 9250 mètres. Cette ligne a été ouverte le 15 Avril 1878 4° *Ligne de Villiers-le-Bel à la station du même nom*, sur la ligne de Paris à Creil, par Chantilly. La longueur primitivement concédée n'était que de 2700 mètres La ligne a été exécutée sur ces 2700 mètres et en plus sur 372 mètres construits et exploités en vertu d'une autorisation provisoire. Le dessin du rail de la ligne de Sevres à Versailles a été donné à la page 117. Son poids est de 17 kil. au mètre courant. Il repose sur des longuerines en chêne de 0$^{m}$,130 de hauteur sur 0$^{m}$,080 de largeur. Il y est fixé au moyen d un boulon traversant l'ornière et serré par un écrou à la face inférieure de ces longuerines, suivant le type que la Compagnie des Omnibus a adopté pour son réseau. Il est, dans tous les cas, compris entre deux bandes pavées. L'entre-rail est tantôt empierré, tantôt pavé. Dans le principe, ces bandes n'existaient pas, et la dépense d'établissement d'un kilomètre de voie était estimée 40000 fr.

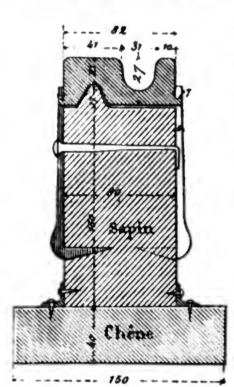



Fig. 132. – Tramways de Versailles. Section du rail et de la longuerine, montrant le mode d'attache, Éch. 1/4

Pour les tramways de Versailles ouverts en 1876-1878, on a employé un mode de construction qu'il est intéressant de signaler. Le rail, comme le montre la *fig.* 132, a une largeur de 0$^{m}$,082 à sa partie supérieure; la table de roulement a 0$^{m}$,041 de largeur; l'ornière, 0$^{m}$,31 de largeur et 0$^{m}$,027 de profondeur; le contre-rail a 0$^{m}$,010 de largeur à sa partie supérieure. La hauteur totale du rail est de 0$^{m}$,035. Il est en fer et pèse 15 kil. par mètre courant. Il est muni à sa base de deux gorges latérales de 0$^{m}$,007 de largeur. De distance en distance, sont pratiquées des entailles dans lesquelles passe le corps d'agrafes en forme de T. Les branches supérieures horizontales sont logées dans la gorge. La branche verticale se termine par une partie recourbée, formant crampon, qui est entrée de force dans le corps des longuerines. En outre, une chevillette traverse l'agrafe et la longuerine à mi-hauteur, pour empêcher l'écartement de la première des pièces à sa partie

supérieure. Les longuerines sont en sapin ; elles ont $0^m,18$ de hauteur sur $0^m,08$ de largeur. Elles reposent sur des semelles en chêne de $0^m,04$ de hauteur sur $0^m,15$ de largeur, auxquelles elles sont fixées de distance en distance au moyen de cornières à branches de $0^m,10$ de longueur et de chevillettes. La voie repose ainsi sur la large embase que forment les semelles ; elle a aussi une grande stabilité dans le sens vertical ; mais comme elle n'est pas entretoisée, elle est certainement exposée à éprouver dans le sens latéral des déplacements qui doivent rendre difficile le maintien du parallélisme des rails. Les dépenses de premier établissement ne sont pas exactement connues. Mais, d'après les renseignements qu'a bien voulu nous fournir M. Grille, ingénieur en chef de Seine-et-Oise, on peut les évaluer approximativement à 30 000 fr. par kilomètre sur les chaussées pavées, et à 50 000 fr. sur les chaussées empierrées.

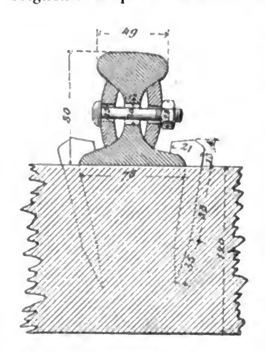



Fig. 133. — Tramway de Rueil à Port-Marly Section du rail et d'une éclisse. Échelle 1/4.

La ligne de Rueil à Marly est desservie par la traction mécanique. Elle est généralement établie sur les trottoirs des routes qu'elle emprunte ; aussi sa construction se rapproche-t-elle beaucoup de celles des chemins de fer d'intérêt local. La voie se compose de rails à patin, en acier, du poids de $19^k,3$ au mètre courant (*fig.* 133). Ils ont $0^m,076$ de largeur à la base, $0^m,049$ de largeur au champignon et $0^m,080$ de hauteur. Leurs abouts, posés en porte-à-faux, sont éclissés à la manière des rails de chemins de fer. Ces rails reposent sur des traverses en chêne de $0^m,12$ de hauteur sur $0^m,18$ de largeur ; ils y sont fixés au moyen de deux crampons de $0^m,107$ de largeur totale.

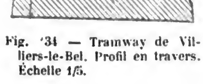


Fig. 134 — Tramway de Villiers-le-Bel. Profil en travers. Échelle 1/5.

Quand la voie emprunte les chaussées, un contre-rail est juxtaposé au rail, comme dans les passages à niveau des chemins de fer ordinaires. Sa construction a causé beaucoup de frais accessoires pour rétablissement de communications, écoulement des eaux, etc. ; et la Compagnie qui l'exploite n'a pas fait connaître le prix de revient du kilomètre.

Comme ensemble général, la ligne de Villiers-le-Bel se rapproche beaucoup de la précédente. Elle se compose de rails à patin en fer pesant 16 kil. au mètre courant, ayant $0^m,065$ de largeur à la base, $0^m,040$ au champignon et $0^m,080$ de hauteur. Quand la voie est en rase campagne (*fig.* 134), les rails reposent sur des traverses en sapin, distantes de $0^m,90$

d'axe en axe; ils y sont fixés au moyen de deux crampons de 0m,095 de long. Les joints sont éclissés et posés en porte-à-faux.

Dans les traversées de centres de population (*fig.* 135), la voie est portée par des longuerines en sapin, posées sur des traverses en sapin auxquelles elles sont invariablement réunies au moyen d'un boulon de 0m,018 d'épaisseur muni à sa partie inférieure d'une rondelle avec clavetage. Elle se compose de deux rails semblables, formant rail et contre-rail, fixés invariablement l'un à l'autre au moyen de pièces métalliques ou fourrures en forme de double champignon et de boulons. Les champignons supérieurs laissent entre eux une ornière ou espace libre de 0m,035. Comme le montre la *fig.* 135, l'ensemble formé par les deux rails solidaires est fixé sur les longuerines par des crampons ou agrafes latérales de 0m,070 de hauteur, pénétrant de 0m,050 dans le bois. L'avantage que présente cette disposition, c'est que le contre-rail peut être mis en œuvre à son tour pour devenir rail porteur, quand celui qui remplissait d'abord cet office a été usé par le trafic. En rase campagne, la voie est posée sur les trottoirs des routes; elle repose sur une couche de ballast de 0m,40 d'épaisseur. Dans les traverses, elle est encastrée dans la chaussée pavée. La longueur en rase campagne est de 1 900 mètres; en traverse, de 1 192 mètres. La dépense totale de premier établissement, y compris le matériel roulant, monte à 246 000 fr.; le kilomètre moyen de voie, sans distinction de lieu d'emplacement, revient dans ces conditions à 79 560 fr. Le matériel roulant se compose de trois voitures à voyageurs et d'un fourgon à bagages. La traction est faite par une machine pouvant traîner deux wagons.

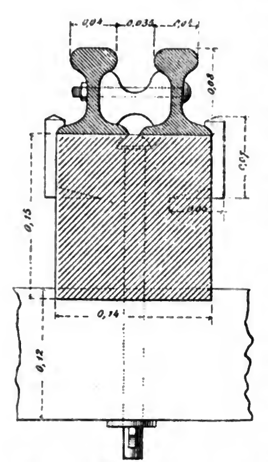


Fig. 135. — Tramway de Villiers-le-Bel. Profil en traverse. Échelle 1/5.

## Tramways de l'Eure.

Le département de l'Eure possède une seule ligne de tramways, celle des Andelys à Étrépagny. Concédée au département par décret du 18 Août 1876, elle a été retrocédée à MM. de Borger et Vercken, suivant un traité approuvé par le même décret.

Elle devait, dans le principe, avoir une longueur totale de 40 kilomètres. Mais, dans une délibération du mois d'Août 1878, le Conseil général a dé-

mandé que la concession fût réduite à la portion comprise entre Étrépagny et Tourny.

La partie actuellement construite ne comprend que la portion précédente; elle a une longueur de 21 kilomètres.

Elle a été établie par les concessionnaires à leurs risques et périls, et sans projets réguliers. Quoiqu'elle n'aît pas encore été officiellement reçue par l'Administration, elle a déjà servi en 1877 et 1878 à des transports de charbons, de sucre de betteraves et de pulpes.

Comme type, elle ressemble à deux de celles que nous venons de décrire. Elle est construite, comme les chemins de fer, avec rails Vignole. La voie n'a qu'un mètre de largeur; les rails sont fixés au moyen de crampons sur des traverses distantes de 0m,90 d'axe en axe. Ces traverses ont 1m,50 de longueur, 0m,15 de largeur et 0m,08 d'épaisseur. Les rails pèsent de 14 à 18 kil. par mètre courant.

La voie est simple. Elle a coûté en moyenne 40 000 fr. par kilomètre. Elle rentre, comme on le voit, dans la catégorie des chemins de fer à voie étroite. Elle a été établie sur les accotements d'une route nationale et de plusieurs chemins vicinaux. Elle a surtout pour objet de desservir les sucreries de la contrée; cependant elle transporte aussi des voyageurs.

## Tramways de Tours et d'Orléans.

Le réseau de tramways de ces deux villes, construit et exploité par la même Compagnie, a été établi suivant le même type.

A Tours, la longueur concédée est de 5 208 mètres. La longueur réellement construite est de 6 428m,50. La longueur exploitée est de 5 623m,65. La différence provient des voies doubles, de garage ou d'accès au dépôt. Le réseau est tout entier construit en voie simple. Il a été livré à l'exploitation le 8 Juillet 1877.

La concession d'Orléans s'étend à un réseau de 6 191 mètres de long, construit en voie simple, qui a été livré en partie le 6 Mai 1877, en partie le 15 mai 1878. La longueur réellement construite est de 7 241m,40. Comme forme, le rail employé ressemble à celui de la Compagnie des Omnibus. Il a 0m,085 de largeur et 0m,060 de hauteur totale. La table de roulement a 0m,040 de largeur; l'ornière 0m,035 de largeur sur 0m,025 de profondeur; le contre rail 0m,010 d'épaisseur à sa partie supérieure. Les oreillettes ont 0m,010 d'épaisseur à leur partie inférieure. Les rails pèsent 20 kil. au mètre courant; ils sont fixés sur les longuerines au moyen d'agrafes latérales. Les longuerines qui les portent ont 0m,20 de hauteur, 0m,085 de largeur; elles sont partie en sapin, partie en chêne, et par longueurs de 6 mètres. Elles reposent sur des traverses du même bois distantes de 1m,50 d'axe en axe, longues de 2 mètres et épaisses de 0m,065. Elles y sont fixées au moyen d'équerres en fer à branches inégales. Ces dernières ont 0m,04 de largeur; la branche verticale a 0m,07 de longueur

et la branche horizontale 0m,06 seulement. Il y en a deux sur chaque traverse ordinaire. Pour les traverses qui reçoivent les joints des longuerines, les équerres forment éclisses et ont 0m,07 de largeur; leur branche verticale a 0m,10 de long et leur branche horizontale 0m,080.

L'entre-voie est pavée, et le côté extérieur du rail est maintenu par une rangée de boutisses de 0m,30 de longueur. Quand la longuerine est coiffée du rail, la table de roulement est à 0m,22 au-dessus de la face supérieure des traverses. Eu égard à cette grande hauteur, aux faibles dimensions des équerres, au peu de largeur de l'accotement pavé, cette voie doit présenter une médiocre stabilité.

Les tramways de Tours et d'Orléans font partie du réseau rétrocédé à la Compagnie générale française de Tramways. D'après les renseignements fournis par cette compagnie, la dépense totale de premier établissement de la voie montait, au 31 Décembre 1878 :]

Pour Tours à. . . . . . . . . . 437 546f,25
Pour Orléans à. . . . . . . . . 340 300f,00

ce qui donne les prix de revient suivants par kilomètre réellement construit et par kilomètre exploité.

| NOM DE LA VIDLE. | DÉPENSE TOTALE. | DÉPENSE | |
|---|---|---|---|
| | | Par kilomètre construit réellement. | Par kilomètre exploité. |
| Tours. . . . . . . . . | 437 546f,25 | 68 069 | 77 814 |
| Orléans. . . . . . . . | 340 300f,00 | 46 993 | 54 977 |

## Tramways de Nancy.

La ville de Nancy possède actuellement une ligne de tramways de 4 379 mètres de longueur, mais qui, en tenant compte des voies de croisement et de garage, comprend effectivement une longueur exécutée de 5 128m,20 de voie simple.

Une autre ligne, de 3 833 mètres, a été soumise aux formalités d'enquête et sera probablement construite en 1879.

La portion actuellement exécutée est tout entière sur le sol des routes nationales, dont les chaussées sont pavées et empierrées. Les 3 037 premiers mètres ont été ouverts le 12 Août 1874 et la ligne entière le 12 Septembre de la même année.

Les rails, qui pèsent de 16k,200 au mètre courant (y compris les plaques de joint), ressemblent comme profils à ceux qu'on a employés en Belgique et sur les Tramways-Nord de Paris. Ils sont fixés sur les longuerines au moyen

de vis-tire-fond et de boulons à tête fraisée passant dans le fond de l'ornière. Leurs extrémités reposent sur des plaques de joint de $0^{m},15$ de longueur. A $0^{m},12$ de chaque bout est percé un trou dans lequel passe un boulon de $0^{m},012$ à tête fraisée, qui traverse la longuerine et se fixe au-dessous d'elle au moyen d'un écrou s'appuyant sur une rondelle de $0^{m},004$ d'épaisseur et de $0^{m},040$ de diamètre. Sur chaque rail, long de 6 mètres, il y a quatre boulons et six vis ou tire-fond. — Les longuerines sont en sapin goudronné; elles ont $0^{m},17$ de haut sur $0^{m},078$ de large. Elles portent sur des traverses de même bois, distantes de 1 mètre d'axe en axe, longues de 2 mètres, larges de $0^{m},17$ et épaisses de $0^{m},065$. Elles sont fixées sur ces dernières au moyen d'équerres, en fer à cornière épais de $0^{m},010$, à branches égales, longues de $0^{m},10$, et qui ont $0^{m},070$ de largeur sur les traverses ordinaires et $0^{m},120$ sur celles qui portent les joints des longuerines. Elles servent dans ce cas d'éclisses pour ces dernières. Elles sont fixées sur les longuerines et les traverses au moyen de chevillettes de $0^{m},010$ de diamètre. Dans les courbes, le rail extérieur est remplacé par un fer plat; pour le rayon intérieur, le contre-rail est renforcé et surhaussé pour résister à l'usure produite par le frottement des boudins et en même temps s'opposer au déraillement des cars. L'ornière y est aussi un peu agrandie pour donner plus de jeu au boudin des roues. Dans les courbes également pour donner plus de rigidité à la voie, les chevillettes qui fixent les équerres sur les longuerines sont remplacées par des boulons qui traversent ces dernières de part en part et donnent une attache parfaitement invariable.

M. Villers, ingénieur en chef du département de Meurthe-et-Moselle, à qui nous sommes redevables des renseignements qui précèdent, a bien voulu nous communiquer aussi les sous-détails approximatifs des prix de revient d'un mètre courant de voie.

Nous les donnons ici :

1° 1 *mètre courant de voie simple dans les chaussées pavées :*

| | |
|---|---|
| Démontage du pavé, $2^{mq},20$ à $0^{f},05$. . . . . . . . . . . . . . . . . . | $0^{f},110$ |
| Déblai de la forme en sable, $0^{m},66$ à $0^{f},15$. . . . . . . . . . . . . . . | 0 ,099 |
| Bois de sapin goudronné pour traverses et longuerines : | |
| Une traverse. . . . . $2^{m} \times 0^{m},17 \times 0^{m},065 = 0^{m},0220$ | |
| 2 longuerines. . . . . $2^{m} \times 0^{m},15 \times 0^{m},078 = 0^{m},0234$ | |
| Soit. . . . . $0^{m},0454$ à 60 fr. . . . | $2^{f},724$ |
| Rails à $16^{k},20$ le mètre courant, y compris les plaques de joints; $32^{k},400$ à 20 fr. les 100 kil. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | $6^{f},480$ |
| Boulons et tire-fond, à raison de 4 boulons et 6 tire-fond pour 6 mètres courants : | |
| Soit : 4 boulons à $0^{f},20 = 0^{f},80$ | |
| 6 tire-fond à $0,10 = 0,60$ | |
| Total. . . . . $\frac{1^{f},40}{6}$ = . . . . . . . . . . . . . . . . | $0^{f},233$ |
| Pose de la voie à $1^{f},50$ le mètre courant. . . . . . . . . . . . . . . . | 1 ,500 |
| Rétablissement du pavage, $2^{mq},50$ à 1 fr. . . . . . . . . . . . . . . . | 2 ,500 |
| Total. . . . . . . . . . | $13^{f},646$ |

2° 1 *mètre courant de voie simple dans les chaussées empierrées :*

| | |
|---|---|
| Déblai de la chaussée sur 2m,30 de largeur et 0m,35 de profondeur ; 0mc,805 à 1 fr. | 0f,805 |
| Charge et transport des déblais | 1 ,400 |
| Fourniture et pose de la voie comme au n° 1. | 10 ,987 |
| Pavage en pavés de quartzite et granit de l'entre-voie et d'une zone de 0m,35 de chaque côté, 2mq,20 à 10 fr. | 22 ,000 |
| Total. | 35f,142 |
| 3° *Pose d'un croisement pour voie de garage.* | 79 ,672 |
| 4° — *des terminus.* | 54 ,680 |

Les croisements pour voies de garage sont au nombre de 12; il y en a 2 pour les terminus.

En appliquant les divers prix qui précèdent, le compte approximatif de la dépense de premier établissement s'établit de la manière suivante :

| | |
|---|---|
| 1 916m,80 de voie simple sur chaussées pavées, à 13f,646. | 25 186f,63 |
| 3 210m,00 de voies empierrées à 35f,142. | 112 840 ,96 |
| 12 croisements pour voies de garage, à 79f,672. | 956 ,06 |
| 2 — terminus, à 54f,680. | 109 ,36 |
| Dépenses diverses pour éclairage, etc. | 906 ,99 |
| Dépense approximative totale. | 140 000f,00 |

La longueur officielle de voie étant 4 379 mètres, la dépense moyenne par mètre courant (y compris les voies doubles) est de 31f,97, et la dépense moyenne par mètre courant de voie simple effectivement construite est de 27f,30. Soit 27 300 fr. par kilomètre (croisements compris).

D'après des documents fournis par la Compagnie générale française des Tramways qui exploite le réseau de Nancy, les dépenses de premier établissement pour la voie seule montent au 31 Décembre 1878 à la somme de 263 754f,90, c'est-à-dire à 51 432 fr. par kilomètre de voie réellement construite et à 60 370 par kilomètre de voie exploitée. Ces prix sont presque doubles de ceux que nous venons d'indiquer. Une pareille différence s'explique peu, et laisse quelques doutes sur l'exactitude des chiffres accusés par la Compagnie.

La voie de Nancy donne lieu aux mêmes critiques que toutes celles où l'attache du rail se fait par tire-fond ou boulons verticaux. Ces critiques sont d'autant plus fondées ici que la substructure est en bois tendre — sapin simplement goudronné — qui, par suite, se pourrira plus vite et mettra plus rapidement la voie hors de service. Ces inconvénients ont été appréciés, au moins en ce qui concerne l'essence des bois employés, et il a été décidé que le sapin serait remplacé par du chêne ou du hêtre injecté.

Quoique les tramways de Nancy ne présentent à proprement parler rien de remarquable, nous avons cru utile de nous y arrêter, parce que nous nous trouvions dans un des cas assez rares, comme nous l'avons expliqué en commençant, où nous pouvions donner d'une manière suffisamment approchée

les prix de revient du kilomètre de voie construite et, comme terme de comparaison, le prix accusé par la Compagnie concessionnaire.

## Tramways de Marseille.

Les tramways de Marseille sont intéressants à plus d'un titre, tant au point de vue des questions de doctrine que leur concession a soulevées qu'à celui de leur exécution elle-même. Nous laissons toutefois de côté ce qui regarde la législation, et nous ne nous occuperons ici, pour le moment du moins, que de la construction proprement dite.

M. de La Hault, concessionnaire du réseau, s'était préoccupé des ruptures fréquentes des tire-fond ou boulons employés pour fixer les rails aux longuerines, et avait demandé les conseils de M. l'inspecteur général Leblanc, qui était alors chargé du contrôle des travaux en qualité d'ingénieur en chef du département. Cet ingénieur a pensé que les ruptures en question provenaient de ce que les chocs des voitures ordinaires contre le rail étaient transmis par un très petit nombre de tiges de fer d'assez faibles dimensions; que ces dernières alternativement frappées dans les deux sens élargissaient d'abord leur trou près de la surface supérieure de la longuerine, puis se cassaient comme un bout de fil de fer qu'on ploie alternativement dans deux sens opposés. Il a en conséquence conseillé de remplacer la forme plate de la surface inférieure du rail par une forme en V qui a été effectivement adoptée et que représentent les *fig.* 136-137.

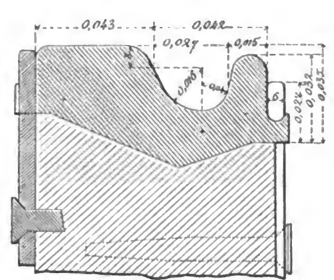
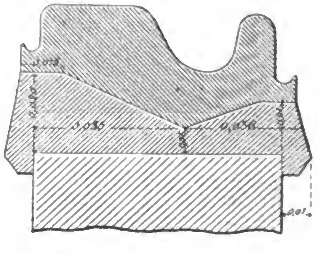


Fig. 136. — Coupe d'un rail montrant le système d'agrafes. Échelle 1/2.


Fig. 137. — Coupe d'une plaque de joint. Échelle 1/2.

Cette forme offre en outre l'avantage de renforcer le rail au droit de l'ornière, qui est sa partie faible, sans cependant en augmenter le poids.

Malgré les plus grandes garanties de durée que le rail en V présentait pour les boulons, M. de La Hault a remplacé ces derniers par un système d'agrafes

latérales (*fig.* 138) en forme de T analogues à celles des tramways de Versailles. Les deux branches supérieures horizontales du T s'accrochent dans une petite gorge latérale qui règne des deux côtés du rail, tandis que la patte verticale est fixée sur la longuerine au moyen de deux chevillettes à tête plate. Ce système a l'inconvénient de ne pas se prêter à un serrage facile en cours d'entretien. Mais comme les petites gorges dont nous avons parlé sont continues, on conçoit qu'on puisse déplacer les crampons et mettre l'agrafe à un autre endroit, après avoir au préalable vigoureusement serré le rail sur la longuerine au moyen d'un étrier et de coins.

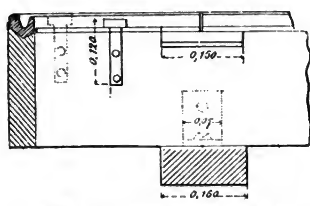


Fig. 138. — Élévation montrant une agrafe et une plaque de joint. Échelle 1/10.

Il convient d'ajouter qu'après avoir subi pendant près d'une année les effets d'une circulation diurne montant sur quelques points à 8 000 colliers, les attaches des rails sur les longuerines ne présentaient encore aucune trace de détérioration. Le seul reproche qu'on pourrait aussi adresser à ce système, c'est qu'il exige pour la formation des petites gorges latérales une certaine quantité de métal qui contribue bien peu à donner de la force au rail. La table de roulement a 0$^m$,043 de largeur. L'ornière a 0$^m$,027 de largeur et 0$^m$,024 de profondeur. Elle est à fond circulaire et, comme le montrent les *fig.* 136-137, elle est évasée pour permettre aux détritus d'en sortir sous l'action du passage des boudins des roues Le contre-rail a 0$^m$,015 d'épaisseur à sa partie supérieure, qui est à 0$^m$,003 en contre-bas de la table. Les rails sont éclissés au moyen de plaques de fer longues de 0$^m$,15, qui épousent leur profil inférieur, ainsi que le montre la *fig.* 137. Ils sont attachés sur des longuerines, ayant 0$^m$,21 de hauteur sur 0$^m$,090, qui reposent elles-mêmes sur des traverses

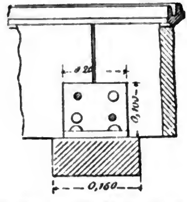


Fig. 139. — Éclissage des longuerines. Échelle 1/10.

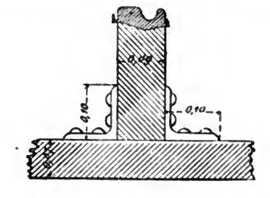


Fig. 140. — Coupe d'un rail et d'une longuerine, montrant les équerres d'attache. Échelle 1/10.

longues de 2 mètres, épaisses de 0$^m$,070 et larges de 0$^m$,060, sur lesquelles elles sont fixées au moyen d'équerres. Les traverses sont distantes de 2 mètres d'axe en axe. Aux joints des longuerines (*fig.* 139-140), on a employé

deux équerres, formant éclisses qui ont 0m,12 de largeur, 0m,10 de longueur de branches, 0m,010 d'épaisseur, et sont fixées par deux chevillettes sur les traverses et par quatre sur les longuerines — deux sur l'about de chacune d'elles. — Les équerres intermédiaires sont placées en dehors de la voie; elles ont 0m,07 de largeur, 0m,10 de longueur de branches, et sont attachées par une chevillette sur la longuerine et par deux sur la traverse. Comme les longuerines sont très hautes, elles donnent lieu à un moment de renversement considérable au passage des cars; l'expérience décidera si les équerres dont nous venons de parler seront suffisantes pour s'opposer à la déformation de la voie. La voie de Marseille peut prendre un rayon de courbure minimum d'environ 24 mètres. On donne cette courbure au rail, en le soumettant sur le chantier à l'action d'une presse à vis. Pour ce qui concerne la longuerine, on pratique un nombre suffisant de traits de scie du côté qui doit devenir concave.

Dans les courbes, le rail extérieur est plat, et la roue y porte sur son boudin. Pour des rayons inférieurs à 24 mètres, on a eu recours à des rails en fonte. Le seul modèle qui ait été exécuté s'applique à un rail courbe de 19 mètres de rayon. L'ouverture de l'ornière y atteint 0m,0387. C'est là un expédient auquel il ne faut recourir qu'en cas d'absolue nécessité.

A Marseille, les rues qui n'ont que de 7 mètres à 8m,50 entre trottoirs et sont bordées de maisons, n'ont en général qu'une voie de tramways sans évitements; l'aller se fait par une rue, et le retour par une autre rue parallèle. Quand on a dû déroger à cette règle, on a choisi, autant que possible, les points d'évitement dans les endroits où la rue était limitée d'un côté par un mur de jardin.

Les changements de voie s'effectuent au moyen d'aiguilles fixes et d'aiguilles mobiles, dont la plupart sont à ressort. Les aiguilles mobiles qu'il faut mouvoir à la main ne sont employées que pour les voies suivies accidentellement.

A la fin de 1876, le réseau se composait de la manière suivante :

| DÉSIGNATION DES LIGNES. | VOIE SIMPLE. | VOIE DOUBLE. | TOTAL. |
|---|---|---|---|
| | mèt. | mèt. | mèt. |
| Des Chartreux à l'Abattoir. | 3299,30 | 3359,15 | 6658,45 |
| De Longchamp à la Joliette. | » | 3359,15 | 3359,15 |
| Des Capucines à Bonne-Veine-Prado. | » | 5820,00 | 5820,00 |
| De la mer au Roucas Blanc. | » | 716,20 | 716,20 |
| Ensemble. | 3299,30 | 13254,50 | 16553,80 |

Il restait à livrer à l'exploitation une longueur de lignes simples ou doubles montant à 11 000 mètres en nombres ronds. Ce qui porte le réseau total concédé à 27 kilomètres environ. Au mois de Juillet 1878, la longueur totale en

exploitation était de 23 870 mètres. En outre des lignes que nous venons d'indiquer, le réseau comprend les suivantes, qui empruntent quelques portions de celles qu'on a mentionées plus haut, et qui ont été successivement ouvertes depuis 1877 :

| | |
|---|---|
| Ligne de Longchamp à la Place-Neuve. . . . . . . . . . . | 2409 mètres. |
| — du Chapitre à l'Abattoir. . . . . . . . . . . . . . . . | 2883 — |
| — du Cours de Belzunce à Bonne-Veine-Prado. . . . . | 6011 — |
| — de la place de Rome aux Catalans.. . . . . . . . . . | 2288 — |

Il faut ajouter encore 16 625 de voies de garage, d'évitement, de service; ce qui donne un développement total de 40 495 mètres réellement construits.

La dépense par kilomètre (matériel compris) se monte à 277 765 fr.

D'après les renseignements fournis au Ministre des travaux publics par la compagnie concessionnaire en réponse à la circulaire du mois de Novembre 1878, la dépense totale pour la voie seule monterait au 31 Décembre 1878 à 2 818 784 fr.; ce qui donne en nombre rond un prix de revient de 69 600 fr. par kilomètre de voie réellement construit et de 118 000 fr. par kilomètre exploité.

## Tramways de Nice.

Les tramways de Nice ont été concédés par décret du 9 Septembre 1875. La longueur autorisée est de 12 870 mètres. Tout le réseau est à voie simple; la longueur de la voie principale concédée est de 11 800 mètres. La différence entre ce nombre et le précédent, soit 1 070 mètres, représente la longueur des voies de garage.

Le réseau se subdivise en quatre lignes qui sont :

Ligne n° 1. De la place Masséna au chemin de fer de la Californie.
— n° 2. De la place Masséna à Saint-Maurice, par l'avenue de la Gare.
— n° 3. De la place Masséna à l'Abattoir.
— n° 4. De la gare au port de Lympia,

Depuis la concession primitive, le tracé de la ligne 4 a été modifié, et un nouveau décret est en préparation pour la déclaration d'utilité publique du second tracé. La longueur totale des voies construites jusqu'ici, y compris 746 mètres de voie de garage, est de 6 647 mètres. La longueur des voies restant à construire est de 5 423 mètres. Quand il sera complet, le réseau embrassera une longueur de 13 520 mètres.

Le 5 Mars 1878, on a livré à l'exploitation la ligne n° 2, de la place Masséna à Saint-Maurice, d'une longueur de 2 714 mètres. On a également ouvert le même jour un tronçon de la ligne n° 1 entre la place Masséna et le pont Magnan, sur 2 310 mètres. On doit en outre avoir livré, au moment où nous écrivons, un nouveau tronçon de 877 mètres de la ligne n° 1, et un premier

tronçon de 1 250 mètres sur la ligne n° 3, entre la place Masséna et le square Garibaldi.

La voie se compose de rails en acier Bessemer, du poids de 15k,5 le mètre courant et provenant des usines de Terrenoire et Bessèges (*fig.* 141). Ils ont 0m,090 de largeur et 0m,035 de hauteur totale. La table de roulement a 0m,045 de largeur et 0m,022 d'épaisseur. L'ornière a 0m,032 de largeur et 0m,022 de profondeur. Le contre-rail a 0m,013 d'épaisseur à sa partie supérieure, qui est elle-même à 0m,003 en contre-bas de la face supérieure de la table de roulement. Le profil inférieur du rail suit approximativement celui de la partie supérieure. Les rails reposent sur des longuerines en mélèze, larges de 0m,090, hautes de 0m,140, et dont la partie supérieure est préparée de manière à épouser la forme inférieure des rails. Ceux-ci, longs de 6 mètres, sont attachés par quatre boulons. Les deux boulons centraux sont à distance de 2 mètres d'axe en axe; ceux des extrémités sont distants seulement de 0m,140 des bouts des rails, qu'ils maintiennent appuyés sur des plaques de joint noyées dans la partie supérieure des longuerines. Les boulons ont 0m,014 de diamètre; leurs têtes, hautes de 0m,008, ont un diamètre de 0m,025; elles sont munies d'un petit ergot pénétrant dans une entaille, qui empêche le boulon de tourner quand on serre l'écrou de la partie inférieure; elles sont noyées dans l'épaisseur de la table de roulement dont elles affleurent la partie supérieure. Les plaques de joint ont 0m,18 de longueur. La conservation de la largeur de voie est assurée par des entretoises en fer. Ce système de construction présente tous les inconvénients déjà signalés pour les attaches verticales; en outre le système d'éclissage ne paraît pas suffisant pour maintenir invariables les extrémités des rails.

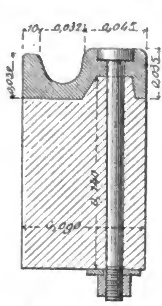


Fig 141. — Section du rail et de la longuerine, montrant le mode d'attache. Échelle 1/1.

Les dépenses de construction d'un kilomètre de voie, non compris les frais généraux, sont les suivantes, d'après les ingénieurs de la Compagnie concessionnaire :

1° *Cas d'une chaussée primitivement empierrée et rétablie en pavés.*

| | | |
|---|---|---|
| Matériel de voie proprement dit. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 17 500f | 50 000f |
| Démolition de la chaussée primitive, pose de la voie, pavage, etc. | 32 500 | |

2° *Cas d'une chaussée primitivement dallée et rétablie, partie avec les mêmes dalles partie avec des dalles neuves.*

| | | |
|---|---|---|
| Matériel de voie proprement dit. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 16 000f | 36 000f |
| Démolition de la chaussée primitive, pose de la voie, dallage, etc. | 20 000 | |

3° *Cas d'une chaussée primitivement empierrée et rétablie en empierrement.*

| | | |
|---|---|---|
| Matériel de voie proprement dit. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 18 000f | 30 000f |
| Démolition de la chaussée primitive, pose de voie, empierrement, etc. | 12 000 | |

## Tramways du Havre.

Les tramways du Havre, dont la longueur autorisée était de 10 050 mètres, ont été rétrocédés à la Compagnie générale française des Tramways.

La longueur totale du réseau exploité est de 9 145 mètres; mais, par suite de l'existence de doubles voies, de voies de garage ou de voies de service, la longueur effective des voies posées monte à 14 011 mètres, répartis entre deux lignes principales comportant chacune trois sections.

Une troisième ligne de 1 800 mètres de longueur a été aussi concédée à la ville; mais elle n'a pas été exécutée jusqu'ici, et ne le sera vraisemblablement qu'avec de grandes modifications; son tracé sera changé, et sa longueur augmentée d'environ 1 500 mètres en nombres ronds.

| | | |
|---|---|---|
| 6355 mètres | ont été livrés | le 1er Février 1874 |
| 1915 | — | le 1er Octobre 1875 |
| 975 | — | le 10 Janvier 1878 |

La voie avait, en premier lieu, été établie avec des rails en fer posés sur des longuerines en sapin, avec traverses en sapin. Ils pesaient 16k,50 le mètre courant; ils avaient été attachés d'abord avec des vis tire-fond, puis avec des boulons. Cette voie était beaucoup trop faible, et le mode d'attache vicieux; aussi est-elle aujourd'hui presque toute hors de service.

Actuellement, on remplace les rails en fer par des rails en acier du poids de 21 kil. au mètre courant. Ces derniers sont fixés au moyen de crampons latéraux; les nouvelles longuerines sont en chêne.

D'après les renseignements fournis par la Compagnie, les dépenses de premier établissement au 31 Décembre 1878, et pour les voies seulement, montaient à 895 429f,61. Ce qui conduit à un prix de revient kilométrique de 63 969 fr. pour la longueur totale effectivement construite, et de 97 924 fr. si l'on a égard seulement à la longueur réellement exploitée.

## Tramways de Rouen.

Les tramways de Rouen, concédés à cette ville par décret du 5 Mai 1876, ont été rétrocédés à M. Palmer Harding, en vertu d'un autre décret du 16 Juin 1877.

La longueur totale autorisée est de 23 200 mètres. Aux termes du cahier des charges, la voie est simple, en règle générale. Elle n'est double que par exception et seulement sur une longueur de 2 830 mètres; le surplus, soit 20 370 mètres, est établie en voie simple.

La situation du réseau est la suivante :

| | |
|---|---|
| Longueur construite. . . . . . . . . . . . . . . . . | 16 000 mètres. |
| En construction. . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 200 — |
| En lacune. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 6 000 — |
| Total . . . . . . . . | 23 200 mètres. |

La longueur construite a été successivement ouverte par sections, les 29 Décembre 1877; 6 Juin, 3-6 Septembre, 6-29 Décembre 1878.

La largeur de la voie est de $1^m,445$. Les rails sont en acier, à ornière du type des Tramways-Sud. Ils pèsent 20 kil. au mètre courant. Ils reposent sur des longuerines en chêne de 3 mètres de longueur, hautes de $0^m,18$ et larges de $0^m,09$. Ces dernières sont elles-mêmes portées sur des traverses en chêne, longues de 2 mètres, larges de $0^m,14$ et hautes de $0^m,08$.

L'espacement des traverses est tantôt de $1^m,50$, tantôt de 2 mètres. Elles sont reliées aux longuerines au moyen d'équerres en fer placées alternativement en dedans et en dehors; les rails sont fixés sur les longuerines par des crampons latéraux placés aussi alternativement en dedans et en dehors.

Les dépenses accusées par le concessionnaire sont les suivantes pour un mètre courant de voie simple :

| | |
|---|---|
| 1° Voie établie dans une chaussée d'empierrement, y compris la fourniture et la façon du pavage. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | $81^f,24$ |
| 2° Voie établie dans un pavage préexistant. . . . . . . . . . . . . . . . . | 48 ,64 |
| 3° Voie établie dans une contre-allée sablée. . . . . . . . . . . . . . . . | 39 ,44 |

D'après les renseignements qui nous ont été donnés, ces chiffres paraissent très exagérés, surtout les deux derniers.

## Voies métalliques : système Marsillon.
## Tramways de Lille, Nantes, Roubaix, Turcoing.
## Nouveau système Broca.

(Planche XV.)

On a déjà dit quelques mots des tramways de Lille, dans la deuxième partie de cet ouvrage (chap. X). Le système, dont M. Marsillon est l'inventeur, a pris un assez grand développement dans le Nord et à Nantes pour mériter mieux qu'une note de quelques lignes. En raison des avantages qu'il offre, de l'économie qu'il permet de réaliser sur les dépenses de premier établissement et de la réduction notable des frais d'entretien, nous avons cru devoir insister davantage sur les particularités qu'il présente.

Le caractère distinctif de la voie Marsillon réside dans la suppression des longuerines en bois ou en métal et dans l'emploi d'un rail et d'un contre-rail rendus solidaires par un ensemble de boulons et de fourrures-entretoises en fonte. Ce nouveau système renferme comme organes principaux un rail et un contre-rail dont la Pl. XV donne le tracé géométrique. Ces deux pièces

ont une hauteur commune de 0$^m$,090; l'âme a 0$^m$,010 d'épaisseur, et le patin 0$^m$,035 de largeur à la base. Le rail porte à sa partie supérieure un champignon de 0$^m$,040 de largeur, dont la matière est disposée symétriquement par rapport à l'axe de la pièce. Le champignon du contre-rail, large de 0$^m$,025 seulement, est au contraire placé latéralement, de telle sorte qu'une des faces du contre-rail est parfaitement verticale sur toute sa hauteur. Pour l'établissement de la voie à voyageurs, le champignon du contre-rail est dans l'intérieur du système et donne une ornière de 0$^m$,030 de largeur. Pour la voie à marchandises, au contraire, le champignon est tourné vers l'extérieur, et l'ornière a une largeur de 0$^m$,045. Dans l'un et l'autre cas, la voie proprement dite a une largeur de 1$^m$,445, comme toutes les grandes lignes du réseau français.

Nous avons indiqué plus haut pourquoi le rail ordinaire du tramway, rail à ornière ou à gorge, quoique donnant la même largeur de voie, ne permet pas le passage du matériel des railways. Le système Marsillon nous offre de suite un premier avantage; c'est qu'avec les mêmes coussinets, avec les mêmes rails, on peut à volonté avoir la voie à voyageurs, ou la voie mixte à voyageurs et marchandises. M. Marsillon a calculé qu'avec des traverses espacées de 1$^m$,50 d'axe en axe, les cars, pesant 4 000 kil. à pleine charge, ne font travailler le fer qu'à 3$^k$,150 par millimètre carré. Les poids du rail et du contre-rail par mètre courant sont les suivants :

| | | |
|---|---|---|
| Rail. . . . . . . . . . . . . . | 14$^k$,37 | En tout, 25$^k$,65 par mètre courant. |
| Contre-rail. . . . . . . . . . . | 11$^k$,28 | |

Le rail et le contre-rail sont placés sur un coussinet en fonte de 0$^m$,08 de largeur, qui présente latéralement deux évidements où pénètrent les patins. Il est attaché sur les traverses au moyen de deux tire-fond. Les trous qui reçoivent ces derniers sont ménagés de part et d'autre de l'axe du coussinet, afin qu'ils ne coupent pas la même fibre de bois. La partie supérieure du coussinet se termine par une partie évidée à quatre pointes qui maintient une distance fixe entre le rail et le contre-rail et au travers de laquelle passe le boulon qui attache ces trois pièces ensemble. Quand deux rails viennent se terminer sur le même coussinet, les boulons d'attache sont placés de part et d'autre de ce coussinet; il y a en outre une plaque d'éclissage réunissant le tout. Dans tous les cas, la hauteur comprise entre la partie inférieure de ce coussinet et le niveau supérieur des rails est de 0$^m$,19. Les traverses étant espacées de 1$^m$,50 d'axe en axe, les coussinets laissent entre eux cette même distance. Avec une pareille portée entre leurs points d'appui, les rails seraient exposés au flambage sous le passage des charges si l'on n'en faisait un tout solidaire en les réunissant à moitié distance des supports, au moyen d'une fourrure en fonte (voir la planche) qui épouse leurs contours intérieurs et sur laquelle ils sont vigoureusement serrés et fixés au moyen d'un boulon. On constitue ainsi une poutre armée d'une grande rigidité, et au point de vue de la résistance, on rend le rail et le contre-rail solidaires l'un de l'autre. Chaque fourrure pèse environ 0$^k$,80.

Le mode d'éclissage des rails est identique à celui qu'on suit sur les chemins de fer. En outre, les joints des rails et des contre-rails se disposent en quinconce à 3 mètres les uns des autres. Les éclisses en fer pèsent 0k,83 en moyenne.

Le système que nous venons de décrire s'applique partout, en voie droite ou dans les courbes, tant que les rayons de ces dernières sont supérieurs à 30 mètres. Quand on se trouve obligé de descendre au-dessous de cette limite (1), les rails extérieurs sont remplacés par un rail plat, dont nous donnons la configuration et le mode d'attache. Le coussinet se compose de deux parties, l'une fixe sur la traverse, l'autre mobile, le crapaud, qui est analogue à la seconde mâchoire d'un étau. Le rail et les deux parties qui constituent le coussinet sont réunis au moyen d'un boulon. Le poids du coussinet proprement dit est de 4 kil.; celui du crapaud, de 0k,760; soit pour les deux 4k,760. Pour les tramways de Lille, le fer plat provenait des usines de la Providence; il pèse 24 kil. au mètre courant. Les dimensions et le poids de ce fer sont un peu exagérés; on pourrait les réduire sans compromettre en rien la stabilité et la durée de la voie.

Pour les traversées de voie, les rails et contre-rails du type courant sont coupés à longueur et biseautés à leurs extrémités suivant l'angle de croisement; ils reposent directement par leurs semelles sur un châssis en bois rendu indéformable; ils y sont fixés par l'intermédiaire de fourrures en fonte, de forme spéciale sur lesquelles ils sont boulonnés; ces fourrures sont attachées sur le châssis au moyen de tire-fond — deux pour chacune d'elles. — Il y a en général 20 fourrures pour chaque traversée de voie.

Des dispositions spéciales, sur lesquelles nous ne nous étendrons pas ici, ont été imaginées par M. Marsillon pour les changements de voie.

Pour arriver à une largeur de voie rigoureusement constante, on pose les coussinets sur les traverses au moyen d'un gabarit, dit de sabotage, composé d'une barre de fer portant à ses deux extrémités deux fers à U qui embrassent la partie supérieure des coussinets. Ceux-ci étant coiffés du gabarit, on marque exactement l'emplacement des tire-fond, on perce les trous, et l'on assujettit les coussinets d'une manière définitive.

Un autre gabarit sert, pendant la pose, à vérifier l'écartement des rails et la largeur de l'ornière.

Les quantités et poids des différentes matières employées pour 6 mètres de voie sont les suivants :

VOIE A VOYAGEURS.

| | |
|---|---|
| 2 rails. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 168k,00 |
| 2 contre-rails. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 132 ,00 |
| 8 coussinets. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 40 ,00 |
| 16 tire-fond. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 2 ,08 |

(1) Sur le réseau de Lille, il existe de 12 mètres.

| | |
|---|---|
| 4 éclisses. | 3 ,32 |
| 8 boulons d'éclisses. | 1 ,80 |
| 12 boulons de coussinets. | 3 ,00 |
| 8 fourrures en fonte. | 6 ,40 |
| 4 traverses.. | » |

VOIE A MARCHANDISES.

| | |
|---|---|
| 2 rails. | 168k,00 |
| 2 contre-rails. | 132 ,00 |
| 12 coussinets. | 60 ,00 |
| 24 tire-fond. | 3 ,12 |
| 4 éclisses. | 3 ,32 |
| 8 boulons d'éclisses. | 1 ,80 |
| 8 boulons de coussinets.. | 2 ,00 |
| 6 traverses. | » |

Nous trouvons, dans une intéressante notice de M. Coullanghon, les détails du prix de revient des tramways de Lille, établis suivant le système Marsillon. Nous les donnons ici à titre de renseignements. Ils comprennent les dépenses de toute nature qu'a nécessitées la construction des voies, notamment celles du pavage, de la fourniture de sable, des terrassements, etc., qui peuvent être différentes d'une partie du pays à l'autre. C'est là, à proprement parler, l'élément variable qu'il faudra éliminer quand on voudra faire les comparaisons exactes entre le système dont nous nous occupons et ceux qui ont été adoptés ailleurs pour des tramways destinés aux mêmes usages. Quoi qu'il en soit, comme la main-d'œuvre pour ces travaux spéciaux ne varie pas dans de très larges proportions, on peut admettre les éléments que nous allons donner comme fournissant une moyenne suffisamment approchée pour le prix de revient de la voie Marsillon dans les villes de France autres que Paris.

VOIE A VOYAGEURS (pour 6 mètres).

| | | |
|---|---|---|
| 2 rails de 6m à 14k le mètre courant ; soit 168k | 300k à 0f,25.. | 75f,00 |
| 2 contre-rails de 6m à 11k le mètre courant ; soit 132 | | |
| 8 coussinets en fonte à 5k ; soit 40k à 0f,225. | | 9 ,00 |
| 16 tire-fond de 0m,015 à 0k,130 ; soit 2k,08 à 0f,65. | | 1 ,35 |
| 4 éclisses en fer à 0k,830 ; soit 3k,32 à 0f,25. | | 0 ,83 |
| 12 boulons à tête carrée à 0k,250 ; soit 3k à 0f,55. | | 1 ,65 |
| 8 boulons d'éclisse à 0k,225 ; soit 1k,80 à 0f,55. | | 0 ,99 |
| 8 fourrures en fonte à 0k,800 ; soit 6k,400 à 0f,225. | | 1 ,44 |
| 4 traverses en chêne à 2f l'une. | | 8 ,00 |
| Toute main-d'œuvre accessoire à 4f le mètre courant. | | 24 ,00 |
| Raccordement de pavage (compris fournitures). | | 2 ,70 |
| Total pour 6 mètres. | | 124f,96 |
| — pour 1 mètre. | | 20 ,82 |

Soit par kilomètre 20 820f, ou en nombre rond 21 000f.

VOIE A MARCHANDISES.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2 rails de $6^m$ | $168^k$ | $300^k$ à $0^f,25$ | $75^f,00$ |
| 2 contre-rails de $6^m$ | 132 | | |
| 12 coussinets, $60^k$ à $0^f,225$ | | | 13 ,50 |
| 24 tire-fond, $3^k,12$ à $0^f,65$ | | | 2 ,02 |
| 4 éclisses, $3^k,32$ à $0^f,25$ | | | 0 ,83 |
| 8 boulons à tête carrée, $2^k$ à $0^f,55$ | | | 1 ,10 |
| 8 boulons d'éclisse, $1^k,80$ à $0^f,55$ | | | 0 ,99 |
| 6 traverses à $2^f$ l'une | | | 12 ,00 |
| Toute main-d'œuvre accessoire à $4^f$ le mètre courant | | | 24 ,00 |
| Raccordement du pavage | | | 2 ,70 |
| Total pour 6 mètres | | | $132^f,14$ |
| — pour 1 mètre | | | 22 ,02 |
| Soit par kilomètre, $22\,020^f$. | | | |
| L'aiguillage ordinaire se payait | | | $100^f,31$ |
| — avec pointe en acier | | | 121 ,31 |
| Fourniture et pose d'un cœur | | | 22 ,98 |

La traversée de deux voies simples était payée $77^f,33$ pour une longueur de $2^m,92$ de voie, soit $26^f,48$ le mètre de traversée. Le prix de pose, comprenant toutes les mains-d'œuvre accessoires, qui a été porté ci-dessus à 4 fr., se décomposait comme il suit :

DÉCOMPOSITION DU PRIX DE POSE.

| | |
|---|---|
| Sabotage, par mètre courant | $0^f,10$ |
| Coltinage des matériaux, par mètre courant | 0 ,10 |
| Dépavage sur 3 mètres de largeur, à $0^f,10$ le mètre carré | 0 ,30 |
| Terrassements, par mètre courant | 0 ,17 |
| Fourniture de sable sur $0^m,10$ d'épaisseur, $0^m,300$ à $5^f,50$ le mètre cube | 1 ,65 |
| Pose de la voie, le mètre courant | 0 ,45 |
| Pavage, à $0^f,85$ le mètre carré | 1 ,05 |
| Transport des terres provenant de la fouille | 0 ,18 |
| Total | $4^f.00$ |

Les tramways de Lille, Roubaix et Tourcoing ont été construits suivant le système que nous venons de décrire et aux prix que nous avons indiqués, c'est-à-dire 21 fr. le mètre courant de voie simple et 42 fr. le mètre courant de voie double. Les longueurs concédées sont les suivantes :

| LONGUEUR TOTALE concédée. | LILLE. Réseau urbain. (Décret du 4 Octobre 1873.) | LILLE. Réseau suburbain. (Décret du 12 Oct. 1873.) | TOURCOING (1). (Pas encore concédé.) | ROUBAIX. (Décret du 3 Décembre 1875.) |
|---|---|---|---|---|
| | mètres | mètres | mètres | mètres |
| Voie double. . . . . . | 19 627 | » | 1 550 | » |
| Voie simple.. . . . . . | 8 800 | 30 509 | 6 250 | 14 160 |
| Garages. . . . . . . . | 2 224 | 5 903 | 700 | 500 |
| Totaux. . . . . | 30 651 | 36 412 | 8 500 | 14 660 |

(1) Ce réseau, rétrocédé par la ville de Tourcoing à la même compagnie que celui de Roubaix, a été construit avant la concession, sur la ligne qui relie les deux villes.

Les longueurs actuellement construites sont les suivantes (nous indiquons aussi ce qui est en construction et en lacune) :

| LONGUEUR. | LILLE. Réseau urbain. | LILLE. Réseau suburbain. | TOURCOING. | ROUBAIX. |
|---|---|---|---|---|
| | mètres | mètres | mètres | mètres |
| Construite. . . . . . . | 22 543 | 572 | 3 436 | 9 327 |
| En construction. . . . | » | 5 000 | » | » |
| En lacune. . . . . . . | 8 108 | 30 840 | 5 064 | 5 333 |
| Totaux. . . . . | 30 651 | 36 412 | 8 500 | 14 660 |

La première ouverture du réseau urbain de Lille remonte à 1874. Au mois de Juin de cette année, on a mis en service deux des principales lignes du réseau. Les autres ont été construites et ouvertes dans la suite et successivement. Le réseau de Tourcoing-Roubaix a été livré au mois de Mars 1877.

En résumé, les principaux avantages de la voie Marsillon sur le rail à ornière posé sur longuerines sont les suivants :

1° Elle donne dans les dépenses de premier établissement une économie notable sur les autres voies employées en France [19 p. 100 sur celle de la Compagnie des Omnibus (de la barrière de l'Étoile au Trône)], [31 p. 100 sur celle des Tramways-Nord (de la porte Maillot à Neuilly)].

2° Elle supprime les longuerines et évite ainsi tous les inconvénients qui résultent de leur emploi ; elle donne aux rails un parallélisme rigoureux et permet de disposer les courbes suivant un tracé géométrique et régulier.

3° Grâce au mode de fixation et d'éclissage des rails, elle permet de les démonter rapidement et de remplacer en très-peu de temps une barre hors

de service par une barre neuve. On sait que, pour les rails à gorge ordinaires, cette opération est longue et laborieuse.

4° Le rail et le contre-rail laissent entre eux une ornière de largeur fixe, à fond ouvert, qui fait facilement écouler les eaux dans le sous-sol, et par suite contribue au drainage et à l'assainissement de la voie; cet espace vide peut recevoir pendant plusieurs jours, sans se combler, les poussières ou détritus qui viennent s'y accumuler; aussi n'arrive-t-il presque jamais aux boudins des roues de porter, comme dans le rail à ornière, sur un fond résistant, qui augmente la traction, diminue la douceur du roulement, et fait perdre au tramway une partie des avantages essentiels en vue desquels il a été établi.

5° Enfin, en comparant les frais d'entretien qui, d'après M. Coullanghon, sont de 415 fr. par kilomètre et par an à Lille, à ceux d'Anvers, qui montent à 1 044 fr., d'après les documents fournis par M. Raillard, on trouve que la voie de Lille réalise une économie d'environ 60 p. 100.

Une partie du réseau de Nantes, actuellement en construction, est établie suivant ce même système. Toutefois, comme le concessionnaire, M. Mekarski, doit faire l'exploitation au moyen de remorqueurs et de cars automobiles à air comprimé de son invention, on a jugé utile d'augmenter la rigidité et la stabilité de la voie. A cet effet, les traverses sont rapprochées à 1m,20 d'axe en axe. La hauteur du rail et du contre-rail a été portée de 0m,090 a 0m,10, et, pour ne pas trop augmenter le poids du métal, la largeur du patin a été réduite de 0m,035 à 0m,030. La tête du contre-rail est en outre symétrique de part et d'autre de l'axe vertical, au lieu de former un bourrelet latéral comme à Lille. L'ornière n'a que 0m,029 de largeur. Le coussinet aussi a été légèrement modifié, comme le montrent les *fig.* 142-143; il est attaché sur les traverses à l'aide de boulons au lieu de tire-fond. Ce ne sont là que des changements de détail qui laissent subsister dans son entier le principe de construction adopté par M. Marsillon.

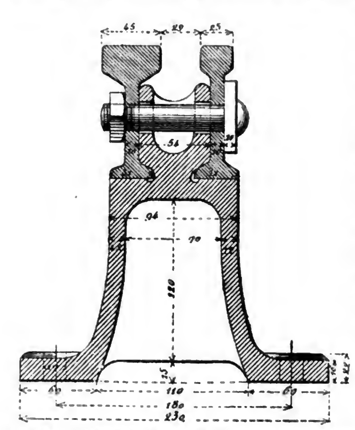


Fig. 142. — Tramways de Nantes. Élévation du coussinet.

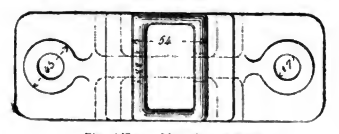


Fig. 143. — Plan du coussinet.

Les rails et contre-rails ont à Nantes une longueur de 7$^m$,20. Le choix de cette dimension rend les joints un peu moins fréquents et diminue le nombre des éclissages. Nous donnons dans le tableau ci-dessous les poids des différentes parties qui entrent dans la construction, et leur poids et leur nombre par kilomètre. En appliquant à chacun d'eux les prix courants correspondants, on trouve facilement le prix de revient kilométrique, en tant que matériel de la voie.

TRAMWAYS DE NANTES.

| DÉSIGNATION. | | PAR LONGUEUR DE RAIL. | | PAR KILOMÈTRE. | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Nombre. | Poids. | Nombre. | Poids. |
| | | | kil. | | kil. |
| Rails de 7$^m$,20. . . . . . . . . . | (16$^k$,56) | 2 | 224,000 | 278 | 31 156,00 |
| Contre-rails de 7$^m$,20. . . . . | (12 ,20) | 2 | 175,700 | 278 | 24 422,00 |
| Éclisses du rail. . . . . . . . | (0 ,85) | 2 | 1,700 | 278 | 236,60 |
| Éclisses du contre-rail. . . . . | (1 ,022) | 2 | 2,040 | 278 | 284,10 |
| Coussinets. . . . . . . . . . . | (5 ,300) | 12 | 63,600 | 1 666 | 8 840,70 |
| Fourrures d'entretoises.. . . . | (0 ,965) | 12 | 11,580 | 1 666 | 1 609,60 |
| Boulons d'éclisse. . . . . . . . | (0 ,358) | 8 | 2,864 | 1 112 | 398,00 |
| Boulons de coussinets. . . . . | (0 ,412) | 8 | 3,296 | 1 112 | 458,10 |
| — d'entretoises. . . . . | (0 ,412) | 12 | 4,944 | 1 666 | 687,20 |
| Traverses. . . . . . | (0,08×0,14×2,00) | 6 | » | 833 | » |
| Boulons fixant les coussinets aux traverses. | | 24 | » | 3 332 | » |

On a aussi employé sur les tramways de Nantes un système qui rentre dans ce qui se fait ordinairement, mais dont le rail mérite de fixer l'attention. Ce rail, imaginé par M. l'ingénieur en chef Saint-Yves, présente cette particularité qu'il est symétrique et peut être indifféremment employé sur sa face supérieure ou sa face inférieure; en sorte que quand l'une d'elles est usée, un simple retournement permet de le réemployer comme un rail neuf. — Il a 0$^m$,090 de large et 0$^m$,050 de haut (*fig.* 144). La table de roulement a 0$^m$,45 de large et 0$^m$,018 d'épaisseur. On voit qu'on a fait ici une large part à l'usure. L'ornière a 0$^m$,033 de large et 0$^m$,032 de profondeur; elle a sa paroi verticale du côté du contre-rail et inclinée du côté de la table. Le contre-rail a une épaisseur uniforme de 0$^m$,012.

Fig. 144. — Tramways de Nantes. Voie avec rail à ornière. Échelle 1/3.

Les longuerines ont 0m,132 de haut sur 0m,090 de large. Le rail est fixé sur elles au moyen d'agrafes en fer rond de 0m,010, hautes de 0m,085, portant à la partie supérieure un tenon de 0m,015 et à la partie inférieure une portion recourbée terminée en pointe, et qui pénètre de 0m,060 dans le corps de la longuerine. La voie est entretoisée comme celle des Tramways-Sud de Paris. Les rails sont en acier Bessmer et par longueurs de 6 mètres; ils pèsent 21 kil. au mètre courant. Leurs abouts portent sur des plaques de joint longues de 0m,30, qui épousent leur profil inférieur. On s'est proposé, en prévoyant le retournement du rail, de faire une économie assez considérable. Elle sera toutefois bien diminuée en réalité, si l'on considère qu'en raison de l'usure de la table qui viendra reposer sur la longuerine, cette dernière devra être profilée de nouveau pour qu'il y ait adhérence exacte entre elle et la face inférieure du rail. Cette opération, qui devra s'effectuer sur place et sur du bois déjà fatigué par ce trafic, ne manquera pas d'être assez coûteuse; et la pose à nouveau du rail devra le plus souvent être accompagnée du remplacement des longuerines.

La longueur totale concédée à la ville de Nantes se compose comme il suit :

| | |
|---|---|
| Voie double. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 5465m,25 |
| Voie simple. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 149 ,00 |

La longueur construite se répartit ainsi :

| | |
|---|---|
| Voie double. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 3942m,00 |
| Voie simple. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 58 ,00 |

Elle devait être ouverte le 10 Janvier 1879; mais les inondations ont empêché sa réception, qui n'a pu s'effectuer que plus tard.

Les dépenses par kilomètre de chacun des deux genres de voie s'établissent ainsi qu'il suit :

| NATURE DE VOIE. | VOIE SIMPLE. | | VOIE DOUBLE. | |
|---|---|---|---|---|
| | Sans fourniture de pavés. | Avec fourniture de pavés. | Sans fourniture de pavés. | Avec fourniture de pavés. |
| | fr. | fr. | fr. | fr. |
| Voie Marsillon. . . . . . . . . . | 25 050 | 34 840 | 51 090 | 72 272 |
| Voie à ornière. . . . . . . . . . | 21 250 | 31 040 | 43 490 | 64 672 |

La décomposition en éléments, voie proprement dite et pavage, est donnée ci-contre.

VOIE SIMPLE.

| NATURE DE VOIE. | SANS FOURNITURE DE PAVÉS. | | AVEC FOURNITURE DE PAVÉS. | |
|---|---|---|---|---|
| | Voie. | Pavage. | Voie. | Pavage. |
| | fr. | fr. | fr. | fr. |
| Voie Marsillon. . . . . . . . . . | 19 000 | 6 050 | 19 000 | 15 840 |
| Voie à ornière. . . . . . . . . . | 15 200 | 6 050 | 15 200 | 15 840 |
| VOIE DOUBLE. | | | | |
| Voie Marsillon. . . . . . . . . . | 38 000 | 13 090 | 38 000 | 34 272 |
| Voie à ornière. . . . . . . . . . | 30 400 | 13 090 | 30 400 | 34 272 |

Le prix un peu plus élevé de la voie Marsillon s'explique facilement.

L'expérience a démontré que, pour la traction mécanique sur les tramways, il faut une voie bien assise et très résistante : c'est le but qu'on a cherché ici. On l'a peut-être même dépassé; car nous croyons que la voie de Lille, telle que nous l'avons décrite plus haut, aurait facilement répondu à ce désidératum. Dans tous les cas, on ne saurait critiquer les concessionnaires d'avoir voulu s'entourer de toutes les garanties qui sont nécessaires pour une bonne exploitation.

## Nouvelle voie Broca.

Nous ne pouvons quitter le sujet des voies métalliques usitées en France sans parler d'un nouveau système que M. Broca, ingénieur des Tramways-Sud de Paris, a récemment fait breveter et qu'il compte appliquer sous peu.

Il faut remarquer tout d'abord que la décomposition rapide des bois, leur prix sans cesse croissant, la nécessité d'en perdre une bonne partie dans l'opération délicate et dispendieuse du profilage, ont depuis longtemps attiré l'attention des constructeurs sur l'avantage qu'il y aurait à se passer de cette matière. Ajoutons de plus que les moindres variations dans l'état atmosphérique tordent et tourmentent les pièces de telle manière que quelques-unes se trouvent hors d'usage avant d'avoir servi, tandis que d'autres en arrivent à déformer complètement les rails dans lesquels elles sont emboîtées. Enfin, quand elles sont employées comme longuerines, leur longueur restreinte (qui dépasse rarement 2 ou 3 mètres) en fait une série de pièces isolées les unes des autres, tenant à peine aux rails, transmettant au sol les chocs tels qu'elles les reçoivent et s'y enfonçant tantôt d'un bout, tantôt de l'autre, sans fournir aux rails, toujours très légers, l'appui stable qui leur est nécessaire.

Quand on a demandé aux traverses la solidité que ne donnent pas les longuerines de nos voies françaises, on s'est souvent trouvé, dans les villes, en

présence d'un nouvel ennui : c'est celui du tassement inégal du pavage, qui finit par produire des ondulations tellement accentuées qu'elles deviennent un danger pour la circulation.

Frappé de tous ces inconvénients, M. Broca a cherché à y porter remède en étudiant un système de voie dont le bois fût absolument exclu, et où les avantages des traverses et des longuerines fussent combinés de manière à satisfaire aux conditions imposées aux compagnies dans l'intérêt de la conservation des chaussées, tout en assurant à la voie une stabilité suffisante pour résister aux trafics les plus importants.

Les voies entièrement métalliques ont en effet l'avantage de former un tout élastique qui s'oxyde peu, qui vibre et fléchit en même temps, ne périt que par une usure lente et régulière et conserve, même quand les différentes parties sont hors d'usage, une valeur appréciable et facile à réaliser.

M. Broca a adopté le rail Vignoles accolé à un contre-rail à tête symétrique. Comme M. Marsillon, il constate que ce choix assure un meilleur écoulement des eaux, une plus grande résistance et une meilleure répartition du métal. jointes à une plus grande facilité de remplacement des pièces. Pendant les temps de neige et de gelée, le service n'est presque plus possible avec les rails à ornière, tandis que les voies construites avec rail et contre-rail laissent presque toujours facilement passer les boudins des roues des cars. — Ici le rail et le contre-rail sont réunis au moyen de blocs-entretoises en fonte fixés à l'aide de boulons placés à la hauteur de l'axe neutre et qui n'affaiblissent pas le métal. — Les rails sont attachés sur des longuerines métalliques au moyen d'un boulon dont la tête agit en même temps sur le bord des deux patins. (Voir les *fig.* 145-146.)

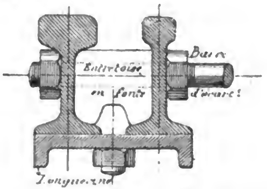


Fig. 145. — Voie Broca. Coupe au point d'appui d'une longuerine. Échelle 1/4.

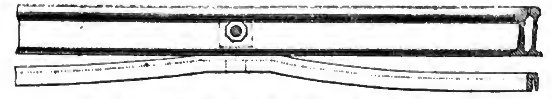


Fig. 146. — Élévation du rail et de la longuerine. Échelle 1/10.

Les longuerines sont formées d'un fer en U dont le plat porte les patins des rails accolés. Elles présentent dans le sens vertical une série d'ondulations dont les points hauts sont seuls en contact avec les rails; ces derniers

se trouvent ainsi partagés en travées régulières et d'égale résistance dont l'élasticité atténue les chocs résultant du roulement des véhicules, absolument comme si les voies étaient posées sur traverses. Au-dessus des longuerines, une couche de sable meuble formant éponge absorbe les eaux pluviales et empêche les ravinements. En dessous, la forme fortement tassée est maintenue des deux côtés par les pavés qui descendent une fois plus bas que la voie. Le lit de sable ou de gravier sur lequel repose la longuerine reste donc invariable; enfin, la longuerine ne recevant que par un seul point, toujours le même, les chocs de la traction qui se trouvent transmis à une large surface d'appui, peut résister au trafic le plus important. Les rails sont éclissés en porte-à-faux et ont leurs joints respectifs, qui se découpent en quinconce. Comme le montrent les figures, la voie présente plus de largeur que de hauteur : elle est donc dans les meilleures conditions d'équilibre; l'écartement est maintenu constant au moyen d'entretoises filetées à leurs deux extrémités; elles ont une section rectangulaire ou elliptique, et se placent facilement entre deux rangs de pavés sans que le joint soit plus large que celui qui se fait normalement.

La voie que nous venons de décrire sommairement s'applique à un trafic pesant et continu. Pour les cas où la faiblesse du trafic forcera à limiter les dépenses de premier établissement, M. Broca a étudié un dispositif plus léger (*fig.* 147) où toute longuerine est supprimée; le rail et le contre-rail sont accolés

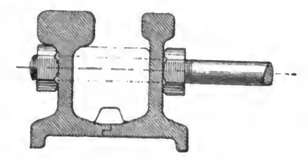


Fig. 147. — Voie Broca simplifiée. Échelle 1/1.

par leurs patins qui présentent, dans la partie centrale, un assemblage à mi-fer, et aux bords extrêmes deux parties recourbées rappelant la forme de la longuerine indiquée plus haut.

Dans le cas où l'on voudrait une économie encore plus grande, on pourrait recourir au rail à patin et à gorge dont nous avons parlé plus haut (p. 328), en le faisant reposer directement sur du ballast et le maintenant par des entretoises, tous les 2 ou 3 mètres seulement. Mais alors on retrouve les inconvénients de l'ornière que nous avons signalés à propos des neiges et de la glace.

## RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS.

L'examen sommaire des voies françaises, auquel nous venons de nous livrer, montre que dans le plus grand nombre des réseaux actuellement éta-

blis on a imité d'une manière plus ou moins heureuse les types usités depuis longtemps en Angleterre. Mais au lieu de chercher à les perfectionner, ou tout au moins de s'adresser seulement à ceux que l'expérience a reconnus les meilleurs, il semble qu'on n'ait pas même songé à s'enquérir des avantages et des inconvénients que pouvaient présenter ceux qu'on a adoptés. On s'est préoccupé surtout de la simplicité de construction et, dans la plupart des cas, on a pris le rail à gorge, avec ou sans oreillettes latérales; pour l'attacher sur les longuerines, on a généralement employé des tire-fonds ou des boulons verticaux. Nous avons assez de fois signalé les inconvénients fort sérieux de cette pratique pour n'avoir pas besoin d'y revenir ici. La simplicité d'installation et de réparation est sans doute une qualité fort désirable; mais outre qu'elle n'a pas toujours été atteinte en France, il ne faut pas qu'elle soit achetée au prix d'une durée moindre de la voie et de remaniements incessants, comme par exemple dans le réseau des Omnibus de Paris. Il faut remarquer que, dans cette ville, les types de rails proprement dits tendent à s'uniformiser, et que déjà les Tramways-Nord et Sud ont adopté d'une manière générale le mode d'agrafes latérales. Les Omnibus et la plupart des Tramways de province suivent les anciens errements des attaches verticales; mais il est présumable que les inconvénients de leurs voies actuelles ne tarderont pas à leur ouvrir les yeux et à les faire revenir à une manière de faire plus rationnelle et plus conforme aux résultats qu'a sanctionnés l'expérience.

A côté de cette adoption plus ou moins raisonnée de la pratique anglaise, nous trouvons, et nous avons signalé, les tentatives originales faites en France dans un ordre d'idées essentiellement nouveau. Nous voulons parler de la voie Marsillon et des deux types de voie Broca. Ces deux derniers n'ont pas encore été éprouvés d'une manière suffisante; mais la voie Marsillon a donné la mesure de ce qu'elle est, et l'on peut dire qu'elle remplit toutes les conditions d'une excellente voie de tramways. Si la première installation, quoique bien facile, demande un peu plus de soin que les autres systèmes en usage chez nous, ce léger inconvénient, si toutefois on peut dire que cela en soit un, est racheté par la grande rigidité et la bonne tenue de la voie, la facilité des réparations et la faible dépense nécessaire pour l'entretien. La profondeur de l'ornière formée par le vide que laissent entre eux les deux rails facilite le drainage et l'assainissement du sol voisin, et permet aux détritus et ordures de la chaussée de s'y accumuler sans gêner le passage des boudins des roues et sans que ces derniers portent sur un fond résistant. Il n'y a plus à craindre que les rails soient mis hors de service par l'éclatement du fond de l'ornière, et le nettoyage de cette dernière peut être fait sans inconvénient tous les deux ou trois jours seulement. Cet avantage d'une grande profondeur d'ornière est surtout très appréciable par les temps de neige comme ceux de l'hiver 1878-79. Sur les rails ordinaires à gorge, la marche des cars est souvent très difficile et même impossible, alors qu'elle ne ressent presque pas de gêne sur la voie Marsillon.

Le dernier type de voie entièrement métallique, étudié par M. Broca,

jouit du reste des mêmes avantages et paraît avoir été inspiré par le système de M. Marsillon. Tous deux ont pour objectif d'éviter l'emploi des longuerines en bois. Construites en France par morceaux de faible longueur (2 mètres, 3 mètres au plus), ces parties de la substructure n'offrent pas, comme nous l'avons dit plus haut, une résistance suffisante aux efforts auxquels la voie est exposée. Quand les échantillons sont plus longs, ils se tordent et se gondolent sous les influences alternatives de la sécheresse et de l'humidité, et contribuent au moins autant que les autres causes à la dislocation de la surface de roulement. La nécessité d'avoir des pièces sans aubier, d'un équarrissage uniforme et bien déterminé, la perte que leur fait éprouver le profilage, la dépense à faire pour cette opération et les prix sans cesse croissants des bois, sont autant de difficultés nouvelles à joindre aux précédentes. Les partisans des longuerines en bois objecteront sans doute qu'on peut employer des bois plus tendres et moins coûteux que le chêne, qui a été presque exclusivement mis en œuvre jusqu'à présent. Mais alors leur durée sera moindre, les remplacements et remaniements plus fréquents. On se sera imposé une plus grande gêne, sans rien gagner au point de vue pécuniaire. A moins de recourir au pitch-pin, qui n'a pas encore servi pour cet objet en France, nous ne voyons guère comment on peut se tirer de cette difficulté.

L'emploi judicieux du métal fait disparaître toutes ces objections. Aussi, d'après tout ce qui précède, nous croyons que les voies d'où les longuerines en bois sont exclues doivent être préférées d'une manière générale. Elles ont de plus l'avantage de se prêter à un éclissage plus facile et surtout plus efficace que ceux qu'on a jusqu'ici employés pour les autres systèmes de voies.

Le type qui se présente tout naturellement à l'esprit est celui qui se rapproche le plus de la voie des chemins de fer et qui a bien certainement inspiré M. Marsillon. Il implique l'emploi de traverses portant les rails, avec ou sans l'intermédiaire de coussinets. Les traverses donnent une voie bien stable ; mais, au point de vue du pavage, elles présentaient d'abord des inconvénients que nous avons signalés et qui étaient dus à la trop faible épaisseur du sable interposé entre la face inférieure des pavés et le dessus des traverses. On peut y remédier en augmentant la hauteur des coussinets ; mais on a objecté que la voie devient plus instable, plus sujette au déversement latéral ; qu'il est à craindre que sa largeur ne se maintienne pas d'une manière bien régulière ; et l'on sait combien il est essentiel, au point de vue de la conservation du matériel et de la facilité de la traction, que cette largeur reste absolument invariable. Il suffit d'examiner les coussinets employés à Nantes et à Lille pour voir combien il est facile de répondre à cette objection ; leurs formes et leurs grandes largeurs de base mettent la voie à l'abri de toute déformation. Dans sa voie posée sur longuerines métalliques, M. Broca pare au même inconvénient au moyen d'entretoises en fer plat. Il est donc bien aisé de faire disparaître ce défaut relatif au pavage, défaut qui ne s'est manifesté que dans les premiers essais de l'emploi des traverses et qui a disparu depuis d'une manière presque complète.

Puisqu'on a cherché à proscrire le bois pour les longuerines, y a-t-il avantage à le faire disparaître complètement, en supprimant les traverses, en posant par exemple la voie uniquement sur des longuerines métalliques (fer ou fonte)? Beaucoup de constructeurs se prononcent affirmativement, et les nombreux systèmes inventés en Angleterre viennent corroborer leur opinion. L'expérience seule peut décider la question. Avant de se prononcer d'une manière catégorique, nous croyons qu'il est sage d'attendre les résultats, bons ou mauvais, qu'elle ne manquera pas de fournir. Mais les tentatives faites dans cette voie sont de date trop récente pour qu'on en puisse tirer les éléments d'une discussion approfondie.

Si les questions qui concernent la voie sont d'une importance capitale, celle du pavage ne l'est guère moins au point de vue des intérêts des compagnies et de ceux du public; surtout en présence de la décision de l'Administration, qui exige que, dans les villes, l'entre-rails et les accotements soient pavés. Jusqu'à présent, on a suivi pour la construction et l'entretien des pavages les principes en vigueur depuis longtemps et que l'expérience a sanctionnés. Leur application a donné d'excellents résultats, et ceux obtenus à Paris peuvent servir de modèles. L'entretien est simple et efficace tant que la surface ne présente pas d'interruptions dues à des parties d'assez grande étendue, offrant une résistance différente de celle des pavés d'échantillon. Mais on aurait pu prévoir que l'introduction des voies ferrées dans la chaussée modifierait cette situation ; et l'examen de ce qui se passe autour des regards d'égout, quand ils se trouvent intercalés dans le pavage des rues, aurait dû suffire pour ouvrir les yeux à l'avance. Si on ne l'a pas fait, l'installation des tramways a forcément attiré depuis l'attention sur ce point. Qui de nous n'a pas été frappé des différences de niveau qui existent entre la surface des rails et celles des pavés contigus, et n'a pas vu les réparations incessantes dont ces portions de la chaussée sont l'objet, sans que pour cela on puisse arriver à quelque chose de satisfaisant? Que de plaintes les possesseurs de véhicules légers n'ont-ils pas formulées contre les voies et leurs rails, alors qu'elles auraient plus équitablement dû être adressées au pavage ! Nous l'avons dit plus haut et nous le répétons encore ici, l'introduction des longuerines et des rails au milieu du pavage a radicalement modifié les conditions d'existence de ce dernier et en a troublé l'équilibre. L'emploi presque général aujourd'hui des petits pavés rectangulaires ne peut que rendre la constatation et l'explication de ces faits encore plus évidentes. Les chevaux, ces intelligents serviteurs de l'homme, ont bien vite apprécié qu'ils avaient avantage à traîner les fardeaux sur des surfaces où l'effort à développer est moindre. Aussi les voit-on le plus souvent, de leur propre instinct, faire suivre la direction des tramways aux véhicules qu'ils mènent. Une des roues porte sur un rail. Mais comme les véhicules ordinaires destinés au transport de marchandises ou d'objets encombrants n'ont généralement pas la voie des tramways, l'autre roue s'appuie sur le pavage qui cède sous le poids plus que ne le font la longuerine et le rail ensemble. Le même effet se produit aussi quand les voitures traversent la voie sous un angle quelconque.

Il se forme ainsi au bout de peu de temps deux zones de dépression, parallèles au rail et de part et d'autre de celui-ci. De là pour les véhicules légers ces chocs et les inconvénients dont on se plaint avec juste raison.

Les ingénieurs anglais ont eu bien vite constaté ces effets fâcheux, et découvert les raisons de cet état de choses. Ils y ont remédié en établissant rails et pavages sur de grandes surfaces de béton formant fondations résistantes, et en n'interposant entre les pavés et le béton qu'une mince couche de sable, suffisante pour empêcher la fondation de s'écraser ou de se disloquer au contact direct des pavés transmettant les efforts exercés à leur surface, mais dont le tassement ne pouvait être assez grand pour amener la déformation du pavage. Cette pratique paraît avoir réussi et elle est généralement suivie chez eux aujourd'hui. Pourquoi ne ferait-on pas l'essai de ce moyen dans Paris et dans les grandes villes où le roulage est considérable? Le sol des principales voies a été ameubli par les travaux nécessités par la construction des égouts, des canalisations d'eau et de gaz, etc. A sa résistance un peu incertaine, on substituerait de la sorte celle d'un corps rigide qui, transmettant les pressions par une large surface, atténuerait en grande partie les défauts inhérents au sol naturel. Les dépenses de premier établissement seraient sans doute augmentées. Mais ne se trouveraient-elles pas compensées, et au-delà, par une importante réduction dans les remaniements et les réfections de pavage, si coûteuses pour les compagnies et si gênantes pour le public ? Nous n'avons pas la prétention de donner la solution définitive d'une aussi grave question ; nous nous contentons de poser le problème et de le livrer aux méditations des ingénieurs et des constructeurs qui s'occupent de tramways.

Comme résumé de tout ce qui précède, nous arrivons aux conclusions suivantes. En ce qui concerne la voie proprement dite, il paraît désirable de voir supprimer les longuerines en bois et de les remplacer par des systèmes métalliques donnant à la voie la même assiette et la même rigidité, tout en assurant d'une manière complète l'invariabilité de la largeur de voie. Les éclissages devront être l'objet d'une étude sérieuse ; car il est de la plus haute importance que les extrémités des rails, rendues solidaires entre elles, ne présentent au passage des cars aucun ressaut brusque susceptible d'amener des chocs. Enfin il serait à souhaiter que les systèmes d'attaches des rails fussent assez simples pour que le remplacement pût s'effectuer sans qu'on soit obligé d'enlever le pavage contigu sur une largeur plus ou moins considérable.

Pour ce qui regarde les pavages, il est indispensable de rechercher de suite les moyens de les maintenir invariables et à la hauteur de la surface de roulement des rails, pour que le trafic ordinaire des rues ne soit pas exposé à ces chocs qui ont donné et donnent encore lieu à tant de plaintes.

---

# EXPLOITATION

Nous avons dit plus haut quelles difficultés on rencontre quand on cherche à établir le prix exact de revient des tramways français et nous en avons indiqué les raisons d'une manière sommaire. On se trouve dans un embarras encore bien plus grand quand on veut étudier ce qui se rattache à l'exploitation et à ses résultats financiers. La circulaire ministérielle du 7 Novembre 1878 montre que l'Administration s'est aussi préoccupée de cette question. Elle demande bien aux compagnies une série de renseignements sur les points qu'il est essentiel de connaître. Mais les éléments qu'elle réclame ne sont pas assez nombreux pour nous permettre de faire sur les tramways français un travail comparable à celui de la troisième partie du présent volume. De plus, la majeure partie de ces documents n'ont pas été fournis à temps pour que nous ayons pu les utiliser, et le petit nombre de ceux qui sont parvenus par cette voie ne paraissent pas présenter des garanties d'exactitude suffisantes pour qu'on puisse en tirer des conclusions certaines. C'est donc sous toutes réserves que nous donnons les aperçus qui suivent, puisque nous n'avons eu aucun moyen de les contrôler.

Nous nous bornerons du reste à peu près exclusivement aux Tramways de Paris. Les trois grandes compagnies dont nous avons déjà parlé, Omnibus, Tramways-Nord et Tramways-Sud, fournissent chaque année à leurs actionnaires le compte rendu des opérations de l'exercice précédent. Mais ces documents ne sont pas établis d'une manière uniforme pour toutes les compagnies ; ils varient même d'une année à l'autre pour le même réseau. Beaucoup des détails qui pourraient nous intéresser y manquent le plus souvent. L'unité qui sert le plus généralement de terme de comparaison ne paraît pas choisie d'une manière heureuse ; c'est la journée de voiture. On indique ordinairement la recette et la dépense qui s'y rattachent ; mais on oublie souvent de faire connaître la longueur du parcours journalier moyen, ou le nombre total de kilomètres parcourus par les cars pendant l'année entière. Il règne de la sorte une incertitude assez grande sur la valeur réelle de l'unité adoptée ; et il paraîtrait préférable à tous égards de tout rapporter au kilomètre parcouru en service, de même que les dépenses de premier établissement seraient estimées au kilomètre de voie exploitée.

Dans les résumés qui suivent, nous essayerons, autant que cela nous sera possible, de tout ramener à ces deux unités. Nous y adopterons le même ordre d'exposition que dans les tableaux qui forment la substance des différents chapitres de la troisième partie.

## COMPAGNIE DES OMNIBUS.

Dans les comptes que le conseil d'administration fournit chaque année à ses actionnaires, on a depuis longtemps fait une place à part à ce qu'on appelle les *voies ferrées*. Ce sont les portions de l'ancienne concession Loubat que la Compagnie a acquises par voie de rétrocession et qu'elle exploitait bien longtemps avant d'avoir construit ses tramways proprement dits (dont les premiers tronçons ont été ouverts seulement en 1876). Nous suivons ici cet exemple, en faisant de ces voies plus anciennes l'objet d'une section spéciale.

### Voies ferrées.

D'après le rapport présenté par l'ingénieur en chef du département de la Seine au Conseil général dans sa session de 1878, la longueur officielle et réellement exploitée des voies ferrées s'élève à 23,357 mètres. Pour l'établissement des dépenses spécialement faites pour la construction et l'amélioration de cette portion du réseau, nous nous contenterons de donner les chiffres qui se rapportent aux deux dernières années 1877-78. Nous ne tenons compte ici que de ce qui se rattache directement au premier établissement proprement dit. Nous laissons de côté le compte des marchandises en magasin, des profits et pertes (intérêts dus à la Compagnie générale des Omnibus), etc. Nous avons ainsi le tableau suivant, qui fait connaître la part de la dépense générale afférente à chacun des éléments constitutifs de cette dépense.

VOIES FERRÉES. — CAPITAL DÉPENSÉ AU 31 DÉCEMBRE 1877-1878.

| ÉLÉMENTS DE LA DÉPENSE. | 1877 | 1878 |
|---|---|---|
| | francs. | francs. |
| Frais de premier établissement | 226 944,44 | 226 944,44 |
| Voies | 1 386 329,39 | 1 506 683,65 |
| Cavalerie et matériel | 1 507 507,20 | 1 543 029,60 |
| Immeubles | 1 298 621,32 | 1 443 229,02 |
| Constructions et installations dans les dépôts, etc. | 13 432,94 | 52 488,83 |
| Dépense totale | 4 432 835,29 | 4 772 575,54 |
| — par kilomètre exploité | 189 865,00 | 204 332,00 |

Le détail du capital employé pour l'acquisition de la cavalerie et du matériel ressort du tableau suivant :

VOIES FERRÉES. — CAVALERIE ET MATÉRIEL. 1877-1878.

| ARTICLES DE LA DÉPENSE. | 1877 | 1878 |
|---|---|---|
| | francs. | francs. |
| Chevaux | 780 734,13 | 799 118,29 |
| Voitures | 517 478,60 | 518 872,44 |
| Harnais | 54 643,25 | 62 181,73 |
| Mobilier industriel | 133 043,97 | 142 030,49 |
| Cadrans | 14 828,55 | 14 828,55 |
| Lanternes | 6 778,70 | 5 998,10 |
| Total au 31 Décembre | 1 507 507,20 | 1 543 029,60 |

Le nombre des cars-omnibus spécialement affectés au service des voies ferrées se répartit de la manière suivante.

VOIES FERRÉES. — NOMBRE ET SITUATION DES CARS-OMNIBUS. 1876-1878.

| ANNÉE FINISSANT au 31 Décembre. | NOMBRE MOYEN de cars en service. | POUR CENT du total. | NOMBRE TOTAL au 31 Décembre. |
|---|---|---|---|
| 1876 | 38 | 88,3 p. 100 | 41 |
| 1877 | 43 | 97,7 — | 44 |
| 1878 | 44 | » | 41 |

Les recettes des années 1876-77-78 s'établissent ainsi :

VOIES FERRÉES. — RECETTES. 1876-1878.

| ANNÉES. | LONG. PARCOURUE par les cars. | RECETTES du trafic. | RECETTES diverses. | RECETTES totales. | POUR CENT du capital dépensé. |
|---|---|---|---|---|---|
| | kilomètres. | francs. | francs. | francs. | Pour 100. |
| 1876 | 1 399 467 | 1 855 270,56 | 106 163,51 | 1 961 434,07 | » |
| 1877 | 1 607 800 | 2 075 110,66 | 120 840,11 | 2 195 950,77 | 49,5 |
| 1878 | 1 602 245 | 2 147 276,07 | 129 687,20 | 2 276 963,27 | 47,7 |

SUITE DES RECETTES.

| ANNÉES. | LONG. MOYENNE exploitée. | RECETTE par kilomètre exploité. | RECETTE par kilomètre et par semaine | RECETTE par car. | RECETTE par car en service. | RECETTE par kilomètre parcouru. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | mètres. | francs. | francs. | francs. | francs. | francs. |
| 1876 | 23 357 | 83 976 | 1 615 | 47 840 | 51 616 | 1,32 |
| 1877 | 23 357 | 94 015 | 1 808 | 49 908 | 51 068 | 1,29 |
| 1878 | 23 357 | 97 482 | 1 874 | 51 749 | 51 749 | 1,33 |

On peut aussi donner le mouvement des voyageurs, en faisant ressortir le nombre de personnes annuellement transportées par car, les recettes par kilomètre parcouru, par voyageur transporté, etc.

VOIES FERRÉES. — NOMBRE DE VOYAGEURS TRANSPORTÉS. 1876-1878.

| ANNÉES. | NOMBRE DE VOYAGEURS | | | | | RECETTES DU TRAFIC | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | total. | par car. | par car en service. | par car en service et par jour. | par kilomètre parcouru. | totales. | par voyageur. |
| | | | | | | francs. | francs. |
| 1876 | 7 610 145 | 185 693 | 200 267 | 548 | 5,43 | 1 855 270,56 | 0,243 |
| 1877 | 9 422 272 | 214 142 | 219 122 | 600 | 5,86 | 2 075 110,66 | 0,220 |
| 1878 | 10 155 205 | 247 682 | 230 800 | 632 | 6,34 | 2 147 276,07 | 0,211 |

Comme nous l'avons déjà dit plus haut, la plupart des compagnies rattachent leurs recettes et leurs dépenses à la journée de voiture. Nous donnons ici les relations qui existent entre cet élément, les recettes et le nombre des voyageurs transportés. Mais pour que cela ait un sens, nous ajoutons dans une colonne le parcours moyen effectué par voiture et par jour, ainsi que le produit moyen de la journée de cheval.

VOIES FERRÉES. — JOURNÉES DE VOITURES, ETC. 1876-1878.

| ANNÉES. | NOMBRE de journées de voitures. | PARCOURS MOYEN par voiture et par jour. | RECETTE MOYENNE par voiture et par jour. | RECETTE MOYENNE par journée de cheval. |
|---|---|---|---|---|
| | | mètres. | francs. | francs. |
| 1876 | 14 015 | 99 855 | 132,37 | 9,68 |
| 1877 | 15 916 | 100 955 | 130,37 | 9,57 |
| 1878 | 16 145 | 99 241 | 132,99 | 9,47 |

Quoique la Compagnie établisse soigneusement le compte détaillé des dépenses faites pour les différentes industries qu'elle exploite, les rapports aux actionnaires ne donnent rien de pareil pour ses voies ferrées. Nous ne pouvons indiquer ici que la dépense en bloc. En la comparant aux recettes, on trouve les résultats consignés au tableau suivant :

VOIES FERRÉES. — ÉTAT COMPARATIF DES RECETTES ET DES DÉPENSES. 1876-1878.

| | 1876 | 1877 | 1878 |
|---|---|---|---|
| | fr. | fr. | fr. |
| Recettes | 1 961 434,07 | 2 195 950,77 | 2 276 963,27 |
| Dépenses | 1 434 322,56 | 1 683 564,11 | 1 755 382,41 |
| Dépense par kilomètre parcouru | 1f,024 | 1f,047 | 1f,095 |
| Bénéfice total | 527 111,51 | 512 386,66 | 521 580,86 |
| — pour 100 des recettes | 26,8 | 23,3 | 22,9 |
| — pour 100 du capital dépensé | » | 11,5 | 10,9 |

La cavalerie formant l'objet d'un compte à part, nous donnons à titre de renseignement la situation de l'effectif et des mouvements en 1877 et 1878.

VOIES FERRÉES. — NOMBRE ET MOUVEMENT DES CHEVAUX. 1877-1878.

| ANNÉE. | EFFECTIF au 1er Janvier. | ACQUISITIONS au courant de l'année. | NOMBRE DE CHEVAUX SORTIS. | | | EFFECTIF au 31 Décembre. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Morts. | Réformés. | Total. | |
| 1877 | 555 | 148 | 22 | 86 | 108 | 595 |
| 1878 | 595 | 90 | 27 | 55 | 82 | 603 |

La valeur moyenne des chevaux était de 1312 francs en 1877 et de 1325 francs en 1878. Les acquisitions ont été faites en 1877 au prix moyen de 1487 francs, et en 1878 à celui de 1407 francs. Ces prix sont relativement élevés; mais le service exige des chevaux de force au-dessus de la moyenne, en raison des poids considérables qu'ils traînent. Les chevaux réformés se vendaient au prix moyen d'environ 500 francs, les morts à 45 francs.

Pour compléter les renseignements que nous venons de donner, il aurait été intéressant de faire ressortir le prix moyen de la traction et de l'entretien des voies. Mais, comme nous l'avons dit plus haut, la décomposition des dépenses d'exploitation ne nous étant pas fournie, nous ne pouvons combler cette lacune.

## Tramways de la Compagnie des Omnibus.

Ce n'est que dans le courant de l'année 1876 que la Compagnie des Omnibus a livré au public ses premières lignes de tramways. Les travaux ont continué en 1877 et même en 1878, année où toutes les lignes ont été ouvertes.

Ce sont donc les débuts des nouvelles lignes qui vont faire l'objet de notre étude.

Les dépenses de premier établissement, qui résultent des comptes annuels, sont les suivantes :

TRAMWAYS DE LA COMPAGNIE DES OMNIBUS. — CAPITAL DÉPENSÉ AU 31 DÉCEMBRE 1876-77-78.

| ÉLÉMENTS DE LA DÉPENSE | 1876 | 1877 | 1878 |
|---|---|---|---|
| | fr. | fr. | fr. |
| Établissement de la voie. . . . . | 804 300,18 | 2 414 690,60 | 5 693 254,74 |
| Cavalerie et matériel. . . . . . . | ? | 2 766 198,68 | 6 534 544,86 |
| Immeubles, Constructions, etc. . | ? | 2 185 991,08 | 5 203 526,60 |
| Dépense totale. . . . . . | ? | 7 366 880,36 | 17 431 326,20 |

Les longueurs exploitées au 31 Décembre de chacune des années précédentes étaient respectivement :

| | |
|---|---|
| En 1876. . . . . . . . . . . . | 10 668 mètres. |
| En 1877. . . . . . . . . . . . | 18 637 — |
| En 1878. . . . . . . . . . . . | 54 238 — |

Les dépenses kilométriques totales qui leur correspondent sont d'après cela :

| | |
|---|---|
| En 1876. . . . . . . . . . . . | ? |
| En 1877. . . . . . . . . . . . | 395 390 francs. |
| En 1878. . . . . . . . . . . . | 321 380 — |

Le nombre des cars destinés au trafic a augmenté progressivement avec l'agrandissement du réseau. Le tableau suivant en donne le nombre et la situation à la fin de chacune des trois années que nous considérons.

TRAMWAYS-OMNIBUS. — NOMBRE ET SITUATION DES CARS. 1876-1877-1878.

| ANNÉE FINISSANT au 31 Décembre. | NOMBRE MOYEN en service. | POUR 100 du total. | NOMBRE TOTAL au 31 Décembre. |
|---|---|---|---|
| 1876 | 39 | 92,8 | 42 |
| 1877 | 48 | 54.5 | 88 |
| 1878 | 200 | 90,4 | 221 |

Les recettes des années 1876-78 s'établissent de la manière suivante :

TRAMWAYS-OMNIBUS. — RECETTES DES ANNÉES 1876-1877-1878.

| ANNÉE. | LONGUEUR parcourue par les cars. | RECETTES du trafic y compris les correspondances. | RECETTES diverses. | RECETTES totales. | POUR 100 du capital dépensé. |
|---|---|---|---|---|---|
| | kilom. | fr. | fr. | fr. | |
| 1876 | 1 313 315 | 2 149 693,40 | 34 193,87 | 2 183 887,27 | ? |
| 1877 | 1 624 789 | 2 536 024,50 | 65 869,08 | 2 601 893,58 | 35,3 |
| 1878 | 6 670 270 | 10 660 943,95 | 262 003,63 | 10 922 947,58 | 62,6 |

SUITE DES RECETTES.

| ANNÉE. | LONGUEUR moyenne exploitée. | RECETTE par kilomètre exploité. | RECETTE par kilomètre et par semaine. | RECETTE par car. | RECETTE par car en service. | RECETTE par kilomètre parcouru. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | kilom. | fr. | fr. | fr. | fr. | fr. |
| 1876 | 10 668 | 204 714 | ? (1) | 51 997 | 55 998 | 1,60 |
| 1877 | 18 637 | 139 610 | ? | 29 567 | 54 206 | 1,52 |
| 1878 | 54 238 | 201 390 | 3 872 | 49 425 | 54 615 | 1,57 |

(1) Nous n'indiquons pas de chiffres pour 1876 et 1877, parce que les lignes exploitées ont été ouvertes dans le courant de ces années et à des époques très-différentes. Les moyennes calculées ainsi seraient donc complètement inexactes.

Le tableau qui suit donne le mouvement des voyageurs pendant les trois années dont nous nous occupons. Comme on le verra, l'augmentation pour 1878 est énorme ; elle tient à deux causes distinctes : l'achèvement du réseau d'une part, et l'affluence considérable qu'a occasionnée l'Exposition. Cette dernière influence s'est fait sentir d'une manière toute spéciale sur le réseau des Omnibus, tandis qu'elle a eu relativement peu d'effet sur le trafic des autres Compagnies.

TRAMWAYS-OMNIBUS. — VOYAGEURS TRANSPORTÉS. 1876-1878.

| ANNÉE. | NOMBRE DE VOYAGEURS | | | | | RECETTES DU TRAFIC | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | total. | par car. | par car en service. | par jour effectif. | par kilomètre parcouru. | totales. | par voyageur. |
| | | | | | | fr. | fr. |
| 1876 | 12 631 864 | 300 758 | 328 894 | 34 607 | 9,61 | 2 149 693,40 | 0,1671 |
| 1877 | 14 839 570 | 168 632 | 309 158 | 40 656 | 9,13 | 2 536 024,50 | 0,1663 |
| 1878 | 58 505 744 | 264 732 | 292 528 | 160 289 | 9,77 | 10 660 943,95 | 0,1790 |

Nous indiquons aussi la relation qui existe entre le nombre des journées

de voitures effectuées chaque année, leur parcours moyen, le nombre de voyageurs transportés et les recettes du trafic.

TRAMWAYS-OMNIBUS. — JOURNÉES DE VOITURES, ETC. 1876-1878.

| ANNÉE. | NOMBRE DE JOURNÉES de voitures. | PARCOURS MOYEN par voiture et par jour. | NOMBRE DE VOYAGEURS par voiture et par jour. | RECETTE MOYENNE par journée de voiture. |
|---|---|---|---|---|
| | | mèt. | | fr. |
| 1876 | 14 372 | 91 380 | 878 | 146,95 |
| 1877 | 17 506 | 92 813 | 847 | 110,93 |
| 1878 | 72 874 | 91 531 | 802 | 144,09 |

Pour les omnibus proprement dits, comme aussi pour les tramways, la Compagnie a établi des comptes détaillés pour les dépenses d'exploitation. Il serait à souhaiter que toutes les autres entreprises de tramways en fissent autant et que le mode d'évaluation des dépenses fût le même. On pourrait ainsi tirer de ces comptes rendus des renseignements précieux pour la statistique des tramways, et qui feraient bien ressortir l'importance relative de chacun des éléments qui constituent la dépense totale.

TRAMWAYS-OMNIBUS — DÉPENSES D'EXPLOITATION. 1876-1878.

| ARTICLES DE LA DÉPENSE. | 1876 | 1877 | 1878 |
|---|---|---|---|
| | fr. | fr. | fr. |
| Administration centrale et Dépenses générales. | 92 994,85 | 102 608,01 | 733 016,30 |
| Inspection, Trafic, Service des voyageurs. . . | 232 776,68 | 410 996,31 | 1 597 044,33 |
| Matériel roulant . . . . . . . . . . . . . . . . | 105 425,53 | 143 080,27 | 647 250,19 |
| Chevaux et fourrages. . . . . . . . . . . . . . | 832 733,54 | 1 155 583,60 | 3 937 169,54 |
| Surveillance de l'État. Charges de l'entreprise. | 41 942,00 | 101 549,50 | 434 947,92 |
| Dépense totale. . . . . . . . . . | 1 305 872,50 | 1 913 817,69 | 7 349 428,28 |
| — par kilomètre parcouru. | 0f,9943 | 1f,1778 | 1f,1018 |

Les recettes comparées aux dépenses donnent les résultats suivants :

TRAMWAYS-OMNIBUS. — ÉTAT COMPARATIF DES RECETTES ET DES DÉPENSES. 1876-1878.

| | 1876 | 1877 | 1878 |
|---|---|---|---|
| | fr. | fr. | fr. |
| Recettes. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 2 183 887,27 | 2 601 893,58 | 10 922 947,58 |
| Dépenses. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 305 872,60 | 1 913 817,69 | 7 349 428,28 |
| Bénéfice total. . . . . . . . . . . . . | 878 014,67 | 688 075,89 | 3 573 519,30 |
| — p. 100 des recettes. . . . . | 40,2 | 26,4 | 32,7 |
| — p. 100 du capital dépensé. . | ? | 9,3 | 20,4 |

La décomposition de la dépense, qui a été donnée ci-dessus, nous permet d'établir certains éléments qu'il est intéressant de faire ressortir à part et qui joueront plus tard un rôle important dans l'avenir des tramways. Nous voulons parler des frais de traction et d'entretien de la voie. On sait en effet que la tendance générale en ce moment est de remplacer la traction effectuée jusqu'ici par des chevaux par la traction mécanique (machines à vapeur, à eau chaude, à air comprimé). Pour que cette substitution puisse être avantageuse, il faut qu'elle satisfasse à un certain nombre de conditions dont il a été déjà question et sur lesquelles nous reviendrons plus loin. Mais, en première ligne, il faut que les frais de traction avec les nouveaux moteurs ne soient pas plus considérables que ceux qu'entraîne l'usage des chevaux ; il faut en outre que les machines employées n'amènent pas une détérioration trop grande de la voie, et par suite ne fassent pas croître les frais d'entretien d'une manière exagérée. Il est donc essentiel de connaître le montant kilométrique de ces deux éléments de la dépense générale, la traction se faisant avec les chevaux, pour être en état d'apprécier plus tard la valeur relative des transformations qu'on pourra vouloir effectuer, au point de vue des moteurs.

TRAMWAYS-OMNIBUS. — DÉPENSES DE TRACTION (CHEVAUX, FOURRAGES, ETC.). 1876-1878.

| | 1876 | 1877 | 1878 |
|---|---|---|---|
| Dépense totale de traction. . . . . . . . | 832 733f,54 | 1 155 583f,60 | 3 937 169f,54 |
| Dépense par kilomètre parcouru. . . . . | 0f,6340 | 0f,7112 | 0f,5902 |

La moyenne de ces trois années est de 0f,6451. Dans la dépense totale n'entrent pas les salaires des cochers et des conducteurs, payés sur un autre article.

Les dépenses d'entretien de la voie pour les trois mêmes années donnent le tableau suivant :

TRAMWAYS-OMNIBUS. — DÉPENSES D'ENTRETIEN DE LA VOIE. 1876-1878.

| ANNÉE. | SOMME TOTALE dépensée. | DÉPENSE PAR KILOMÈTRE exploité. | DÉPENSE PAR KILOMÈTRE parcouru. |
|---|---|---|---|
| | fr. | fr. | fr. |
| 1876 | 13 642,11 | 1 278,78 | 0,0103 |
| 1877 | 83 374,63 | 4 473,60 | 0,0513 |
| 1878 | 313 398,05 | 5 778,20 | 0,0469 |

Il faut toutefois remarquer ici que la dépense par kilomètre parcouru, et dont la moyenne pour les trois années en question est de 0f,0362, n'est qu'un aperçu de ce qu'elle pourra devenir dans la suite. Car les voies sont

encore à peu près neuves, et il est à croire que les frais de leur entretien ne pourront qu'augmenter dans l'avenir.

Pour terminer ce qui regarde la Compagnie des Omnibus, nous donnons ici, à titre de renseignement, la situation des chevaux employés à la traction en 1877 et 1878.

TRAMWAYS-OMNIBUS. — NOMBRE ET MOUVEMENT DES CHEVAUX. 1877-1878.

| ANNÉE. | EFFECTIF au 1er Janvier. | ACQUISITIONS au courant de l'année. | NOMBRE DE CHEVAUX SORTIS. | | | EFFECTIF au 31 Décembre. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Morts. | Réformés ou vendus. | Total. | |
| 1877 | 557 | 904 | 22 | 119 | 141 | 1 320 |
| 1878 | 1 320 | 2 267 | 195 | 216 | 411 | 3 587 |

Les prix d'achat ont varié entre 1100 et 1250 francs. On voit qu'ils sont bien moindres que pour les voies ferrées; c'est qu'en effet il suffit, pour le service des tramways dans Paris, d'avoir des chevaux de force et d'échantillon moyens, plus faciles à trouver et par suite moins coûteux. Les chevaux réformés se vendaient au prix moyen de 400 à 500 francs; les morts, au prix de 40 à 50 francs.

## Tramways-Nord.

La construction des Tramways-Nord était déjà commencée en 1875. Le compte rendu présenté à l'assemblée générale des actionnaires au commencement de 1876, et qui a trait à l'exercice 1875, donne sur l'exploitation des détails si succincts, si peu précis, que nous n'avons pu les utiliser. Les résumés que nous allons donner s'appliqueront donc seulement aux années 1876-77-78.

Le capital dépensé pour premier établissement est indiqué d'une manière exacte et détaillée. Il se compose comme il suit:

TRAMWAYS-NORD. — CAPITAL DÉPENSÉ AU 31 DÉCEMBRE. 1875-1878.

| ANNÉE. | LONGUEUR ouverte. | DÉPENSE pour terrains, bâtiments, etc. | DÉPENSE pour matériel roulant, cavalerie, etc. | DÉPENSE totale. | DÉPENSE par kilomètre ouvert. |
|---|---|---|---|---|---|
| | mètres. | fr. | fr. | fr. | fr. |
| 1875 | 14 867 | 10 492 893,78 | 742 981,35 | 11 235 875,19 | 755 760 |
| 1876 | 37 642 | 14 918 789,15 | 1 428 552,33 | 16 347 341,40 | 434 285 |
| 1877 | 56 594 | 15 974 014,65 | 1 672 331,60 | 17 646 346,25 | 311 806 |
| 1878 | 56 594 | 16 282 142,42 | 2 001 367,13 | 18 283 509,55 | 323 065 |

Pour les années de 1876 à 1878, la décomposition de la dépense en ses éléments constitutifs est donnée dans le tableau ci-dessous.

TRAMWAYS-NORD. — DÉPENSES DE PREMIER ÉTABLISSEMENT. 1876-1878.

| ARTICLES DE LA DÉPENSE. | PÉRIODE FINISSANT au 31 Décembre 1876 | 1877 | 1878 |
|---|---|---|---|
| | fr. | fr. | fr. |
| Terrains | 1 542 774,85 | 1 589 752,80 | 1 610 004,95 |
| Bâtiments | 3 339 565,13 | 3 627 787,30 | 3 662 136,79 |
| Voies | 6 783 797,70 | 7 189 083,20 | 7 339 920,58 |
| Cavalerie | 517 178,10 | 650 829,29 | 879 829,51 |
| Matériel roulant | 826 100,98 | 923 579,81 | 1 021 427,62 |
| Harnachement | 85 273,25 | 97 922,50 | 100 110,00 |
| Petit matériel, mobilier | 81 686,28 | 99 341,98 | 107 281,43 |
| Intérêts statutaires et redevances | 2 509 788,12 | 2 771 387,92 | 2 771 387,92 |
| Frais de mise en train d'exploitation | 291 689,50 | 309 599,96 | 398 117,66 |
| Frais divers | 369 487,57 | 387 061,79 | 387 061,79 |
| Appropriation de machines | » | » | 6 231,30 |
| Total | 16 347 341,48 | 17 646 346,25 | 18 283 509,55 |

Le nombre des cars et leur situation ne sont pas donnés dans les comptes de la Compagnie. Il en est de même des renseignements concernant la cavalerie. On se borne à dire qu'on a employé un plus ou moins grand nombre d'attelages pour le service d'une voiture. Mais on n'indique pas de quelle voiture il s'agit, quel est son poids, le nombre de voyageurs qu'elle peut contenir, etc. On conçoit qu'avec des documents présentant un aussi grand degré de vague et d'indétermination il est facile de faire dire tout ce qu'on veut aux résultats de l'exploitation ; et la statistique sérieuse ne peut en tirer rien qui conduise à des conclusions certaines. Il semble que la Compagnie ait jugé ces renseignements aussi superflus que ceux qu'elle faisait connaître d'abord, et qu'elle a supprimés depuis. Ainsi elle donnait antérieurement le nombre de kilomètres parcourus par les cars en service ; mais dans les comptes de l'exercice 1878, ce chiffre ne figure plus, et celui que nous donnons plus bas pour cette année est approximatif et a été obtenu en supposant (ce qui est sensiblement exact) que le parcours moyen d'un car dans une journée est resté le même qu'en 1877. Dans l'intérêt même des Compagnies et de l'avenir des tramways, il serait désirable que tous ces renseignements fussent connus, alors même qu'ils révéleraient une situation peu florissante de l'entreprise.

Les recettes fournissent le tableau suivant :

TRAMWAYS-NORD. — RECETTES DES ANNÉES 1875-1878.

| ANNÉE. | LONGUEUR parcourue par les cars. | RECETTES du trafic. | RECETTES diverses. | RECETTES totales. | RECETTE p. 100 du capital dépensé. |
|---|---|---|---|---|---|
| | kilom. | fr. | fr. | fr. | p. 100. |
| 1875 | ? | ? | ? | 775 195,60 | 6,90 |
| 1876 | 1 564 832 | 1 462 240,26 | 39 336,30 | 1 501 576,56 | 9,18 |
| 1877 | 2 653 280 | 2 501 970,32 | 13 273,41 | 2 515 243,73 | 14,25 |
| 1878 | 3 255 800 | 2 873 721,50 | 137 654,80 | 3 011 376,30 | 16,47 |

SUITE DES RECETTES.

| ANNÉE. | LONGUEUR moyenne ouverte. | RECETTE par kilomètre ouvert. | RECETTE par kilomèt. et par semaine. | RECETTE PAR JOURNÉE de voiture | | RECETTE PAR KILOMÈTRE parcouru | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | du trafic. | totale. | du trafic. | totale. |
| | mètres | fr. | fr. | fr. | fr. | fr. | fr. |
| 1875 | 14 867 | 52 142 | 1 002,70 | ? | ? | ? | ? |
| 1876 | 37 642 | 39 891 | 761,10 | 88,23 | 90,60 | 0,934 | 0,959 |
| 1877 | 56 594 | 44 443 | 854,70 | 88,48 | 88,86 | 0,943 | 0,948 |
| 1878 | 56 594 | 53 210 | 1 023,20 | 82,70 | 86,66 | 0,882 | 0,925 |

Le mouvement des voyageurs ressort du tableau ci-dessous.

TRAMWAYS-NORD. — VOYAGEURS TRANSPORTÉS. 1876-1878.

| ANNÉE. | NOMBRE total de voyageurs. | NOMBRE de journées de voitures. | NOMBRE DE VOYAGEURS | | RECETTES DU TRAFIC | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | par journée de voiture. | par kilomètre parcouru. | totales. | par voyageur. |
| | | | | | fr. | fr. |
| 1876 | 12 242 326 | 16 573 | 738 | 7,82 | 1 462 240,26 | 0,119 |
| 1877 | 21 678 176 | 28 304 | 774 | 8,17 | 2 501 970,32 | 0,115 |
| 1878 | 24 644 525 | 34 747 | 709 | 7,56 | 2 873 721,50 | 0,116 |

Comme nous l'avons déjà indiqué plus haut, les recettes par kilomètre parcouru, et le nombre de voyageurs rapportés à cette même unité, ne sont qu'approximatifs pour 1878, puisque la Compagnie n'a pas fait connaître le nombre exact de kilomètres parcourus par les cars pendant cette même année.

Nous n'avons pas les dépenses d'exploitation pour 1875. Mais celles des années 1876-77-78 sont données dans le tableau suivant, et décomposées en leurs éléments constitutifs :

TRAMWAYS-NORD. — DÉPENSES D'EXPLOITATION. 1876-1878.

| ARTICLES DE LA DÉPENSE. | 1876 | 1877 | 1878 |
|---|---|---|---|
| | fr. | fr. | fr. |
| Frais généraux d'administration centrale. . . . | 64 011,05 | 162 546,55 | 180 465,72 |
| — d'exploitation. . . . . . . . . . | 244 968,49 | 323 494,93 | 372 168,59 |
| Traction. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 743 365,09 | 1 268 700,96 | 1 393 690,88 |
| Entretien du matériel roulant. . . . . . . . . | 108 937,97 | 116 358,74 | 145 935,08 |
| Entretien de la voie. . . . . . . . . . . . . . . | 66 658,25 | 181 126,77 | 233 326,58 |
| Dépenses diverses. . . . . . . . . . . . . . . | 5 244,72 | 5 936,90 | 13 983,23 |
| Charges fixes. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 88 559,55 | 131 075,94 | 168 246,42 |
| Dépense générale. . . . . . . . . . . . . . . . | 1 321 745,12 | 2 189 240,79 | 2 507 816,50 |
| — par kilomètre de voie ouverte. . . . | 35 114f,00 | 38 683f,00 | 44 312f,00 |
| — par kilomètre parcouru. . . . . . . | 0 ,844 | 0 ,852 | 0 ,7702 |

La comparaison des recettes aux dépenses donne des résultats moins brillants que pour la Compagnie des Omnibus. Mais il ne faut pas oublier que celle-ci a le réseau central de Paris, par conséquent le plus occupé et le plus productif, et qu'elle a bénéficié de l'Exposition de 1878 dans une proportion bien plus considérable que ses voisines.

TRAMWAYS-NORD. — ÉTAT COMPARATIF DES RECETTES ET DES DÉPENSES. 1876-1878.

| | 1876 | 1877 | 1878 |
|---|---|---|---|
| | fr. | fr. | fr. |
| Recettes. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 501 576,56 | 2 515 243,73 | 3 011 376,30 |
| Dépenses. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 321 745,12 | 2 189 240,79 | 2 507 816,50 |
| Bénéfices. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 179 831,44 | 326 002,94 | 503 559,80 |
| — p. 100 des recettes. . . . . . . . . . | 11,97 p. 100 | 12,96 p. 100 | 16,72 p. 100 |
| — p. 100 du capital engagé. . . . . . | 1,09 — | 1,84 — | 2,75 — |

On peut toutefois constater que les bénéfices vont en croissant.

Depuis plusieurs années la Compagnie des Tramways-Nord a essayé la traction mécanique sur quelques-unes de ses lignes. La machine Brown, dite aussi de Winterthur, est employée d'une manière continue depuis le commencement de 1878 sur la ligne de la place de l'Étoile à Courbevoie. Le car à air comprimé, système Mekarski, a été mis en circulation sur la ligne de la place Moncey à Saint-Denis. Mais nous ne connaissons pas les conditions financières de ces essais de traction. Les comptes de la Compagnie portent bien à l'article, Dépenses de traction, une somme qui a dû servir à solder les frais

du remorquage des cars au moyen des machines en question; mais il n'y est pas fait mention du parcours kilométrique qu'elles ont effectué, de sorte qu'il ne nous est pas possible d'en faire l'objet d'un examen spécial. Nous donnons donc ici les résultats de la traction en bloc, sans distinguer entre le remorquage par les chevaux et celui effectué par les machines.

TRAMWAYS-NORD. — DÉPENSES DE TRACTION. 1876-1878.

| ANNÉE. | DÉPENSE TOTALE. | DÉPENSE par kilomètre exploité. | DÉPENSE par kilom. parcouru par les cars. |
|---|---|---|---|
| | fr. | fr. | fr. |
| 1876 | 743 365,09 | 19 748 | 0,4739 |
| 1877 | 1 268 700,96 | 22 418 | 0,4781 |
| 1878 | 1 393 690,88 | 24 636 | 0,4280 |

La dépense kilométrique moyenne pour ces trois années n'est que de 0f,460.

L'entretien de la voie fournit les chiffres suivants :

TRAMWAYS-NORD. — ENTRETIEN DE LA VOIE. 1876-1878.

| ANNÉE. | DÉPENSE TOTALE. | DÉPENSE par kilomètre exploité. | DÉPENSE par kilom. parcouru par les cars. |
|---|---|---|---|
| | fr. | fr. | fr. |
| 1876 | 66 658,25 | 1 770 | 0,04259 |
| 1877 | 181 126,77 | 3 200 | 0,06826 |
| 1878 | 233 326,58 | 4 120 | 0,07166 |

La dépense moyenne de ces trois années, et par kilomètre parcouru, est de 0f,06062; elle est presque double de celle que la Compagnie des Omnibus a faite pour le même objet. Pour montrer comment elle se compose, nous en donnons le détail pour l'année 1877.

TRAMWAYS-NORD. — ENTRETIEN DE LA VOIE EN 1877.

| | fr. |
|---|---|
| Nettoyage | 56 266,48 |
| Poseurs | 15 964,46 |
| Ustensiles | 2 446,86 |
| Matériel fixe | 3 458,35 |
| Piqueurs | 5 246,14 |
| Pavage | 97 126,77 |
| Total pour 1877 | 181 744,48 |

Soit 3 200 francs par kilomètre ouvert et 0f,06826 par kilomètre parcouru.

## Tramways-Sud.

Les comptes des Tramways-Sud présentent, comme ceux des Tramways-Nord, d'assez nombreuses lacunes sur les points qu'il nous serait intéressant de connaître. En particulier, ils n'indiquent pas le nombre de voyageurs transportés en 1877 et 1878. Quoi qu'il en soit, nous allons donner dans ce qui suit tous les renseignements qu'il nous a été possible de recueillir.

C'est seulement en 1875-1876 qu'a commencé l'exploitation de ces Tramways; et encore n'y avait-il eu cette année-là qu'une longueur de 32 500 mètres livrée au trafic. Le tableau suivant donne la situation du réseau à la fin des années 1876-77-78. Il indique les longueurs réellement construites et celles qui ne servent qu'au mouvement de l'exploitation proprement dite, et auxquelles nous rapportons toutes les opérations financières des Compagnies.

TRAMWAYS-SUD. — LONGUEUR OUVERTE AU 31 DÉCEMBRE 1876-1878.

| ANNÉE. | LONGUEUR CONSTRUITE. | | | | LONGUEUR exploitée. |
|---|---|---|---|---|---|
| | Voie simple. | Voie double. | Voies accessoires. | Totale. | |
| | mèt. | mèt. | mèt. | mèt. | mèt. |
| 1876 | 5 283,40 | 53 283,95 | 4 610,85 | 63 178,20 | 32 512 |
| 1877 | 15 709,90 | 76 348,80 | 10 050,95 | 102 109,65 | 43 737 |
| 1878 | 12 640,84 | 92 043,77 | 8 387,74 | 113 072,35 | 71 035 |

On voit d'après cela que les longueurs de voies exploitées au 31 Décembre 1876-1877 1878 n'étaient respectivement que les 52 p. 100, 42 p. 100, et 62 p. 100 des longueurs des voies de toute nature réellement construites.

Les dépenses de premier établissement faites à la fin de chacune des ces années sont les suivantes :

| ANNÉE. | DÉPENSE TOTALE. | DÉPENSE par kilomètre exploité. |
|---|---|---|
| | fr. | fr. |
| 1876 | 10 686 176,16 | 328 584 |
| 1877 | 15 885 581,01 | 363 207 |
| 1878 | 19 927 700,48 | 280 534 |

Elles se décomposent, comme l'indique le tableau ci-dessous.

TRAMWAYS-SUD. — DÉPENSES DE PREMIER ÉTABLISSEMENT AU 31 DÉCEMBRE. 1876-1878.

| ARTICLES DE LA DÉPENSE. | 1876 | 1877 | 1878 |
|---|---|---|---|
| | fr. | fr. | fr. |
| Voies, terrains, dépôts, voitures. . . . . . . . | 8 954 523,40 | 12 862 901,38 | 13 354 179,44 |
| Compte de premier établissement. Entraînement, installation, etc. . . . . . . . . . . . . | 858 761,78 | 1 034 655,93 | 2 940 338,92 |
| Immeubles, honoraires, etc. . . . . . . . . . . | 101 736,26 | 707 413,80 | 1 056 883,74 |
| Matériel, mobilier. . . . . . . . . . . . . . . . . | 179 210,65 | 303 190,67 | 1 078 625,59 |
| Cavalerie. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 591 944,07 | 977 419,23 | 1 497 672,79 |
| Dépense totale. . . . . . . . | 10 686 176,16 | 15 885 581,01 | 19 927 700,48 |

Les comptes annuels donnent le nombre et la situation des cars; nous reproduisons ces renseignements ici.

TRAMWAYS-SUD. — NOMBRE ET SITUATION DES CARS. 1875-1878.

| ANNÉE. | NOMBRE des cars en service. | POUR 100 du nombre total. | NOMBRE TOTAL des cars. |
|---|---|---|---|
| | | p. 100. | |
| 1875 | 10 | 66 | 15 |
| 1876 | 32 | 48 | 66 |
| 1877 | 94 | 74 | 127 |
| 1878 | 115 | 55 | 209 |

Quoique l'exploitation du réseau ait commencé en 1875, nous n'avons pu nous procurer les comptes qui se rapportent à cet exercice. Nous ne donnerons donc ici que ceux des années suivantes.

TRAMWAYS-SUD. — RECETTES DES ANNÉES 1876-1878.

| ANNÉE. | LONG. PARCOURUE par les cars. | RECETTES du trafic. | RECETTES diverses. | RECETTES totales. | POUR 100 du capital dépensé. |
|---|---|---|---|---|---|
| | kilom. | fr. | fr. | fr. | p. 100. |
| 1876 | 895 141 | 1 007 297,44 | 30 158,19 | 1 037 455,63 | 9,70 |
| 1877 | 2 185 000 | 2 403 505,00 | 36 726,50 | 2 440 231,50 | 15,36 |
| 1878 | 3 816 300 | 3 709 435,30 | 99 004,22 | 3 808 439,52 | 19,11 |

| SUITE DES RECETTES. | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ANNÉE. | LONG. MOYENNE exploitée. | RECETTE par kilomètre exploité. | RECETTE par kilomètre et par semaine. | RECETTE par car. | RECETTE par car en service. | RECETTE par kilomètre parcouru. |
| | mèt. | fr. | fr. | fr. | fr. | fr. |
| 1876 | 32 512 | 31 909 | 613,65 | 15 719 | 32 420 | 1,125 |
| 1877 | 43 737 | 55 794 | 1 072,95 | 19 215 | 25 960 | 1,100 |
| 1878 | 71 035 | 53 614 | 1 031,05 | 18 222 | 33 116 | 0,972 |

Les recettes du trafic rapportées au nombre de journées de voitures employées ressortent au tableau suivant.

TRAMWAYS-SUD. — RECETTES RAPPORTÉES AUX JOURNÉES DE VOITURE. 1876-1878.

| ANNÉE. | RECETTES du trafic. | NOMBRE de journées de voitures. | RECETTE par journée de voiture. |
|---|---|---|---|
| | fr. | | fr. |
| 1876 | 1 007 297,44 | 10 228 | 98,48 |
| 1877 | 2 403 505,00 | 25 018 | 96,07 |
| 1878 | 3 709 435,30 | 40 811 | 90,87 |

Comme nous l'avons dit plus haut, nous ne connaissons le nombre de voyageurs transportés que pour l'année 1876.

Le tableau ci-dessous, analogue à ceux que nous avons donnés pour les autres Compagnies, est donc forcément incomplet.

TRAMWAYS-SUD. — VOYAGEURS TRANSPORTÉS. 1876-1878.

| ANNÉE. | NOMBRE total de voyageurs transportés. | NOMBRE par car. | NOMBRE par car en service. | NOMBRE par car en service et par semaine. | NOMBRE par kilomètre parcouru. | RECETTES DU TRAFIC | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | totales. | par voyageur. |
| | | | | | | fr. | fr. |
| 1876 | 5 164 968 | 78 257 | 161 405 | 3 105 | 5,77 | 1 007 297,55 | 0,190 |
| 1877 | ? | ? | ? | ? | ? | 2 403 505,00 | ? |
| 1878 | | | | | | 3 709 435,30 | |

Les dépenses faites pendant les années 1876-1878 sont indiquées ici.

TRAMWAYS-SUD. — DÉPENSES DES EXERCICES 1876-1878.

| ARTICLES DE LA DÉPENSE. | 1876 | 1877 | 1878 |
|---|---|---|---|
| | fr. | fr. | fr. |
| Administration centrale | 186 067,04 | 262 191,21 | 206 048,78 |
| Exploitation, inspection, trafic | 151 436,23 | 364 042,12 | 480 080,67 |
| Cavalerie, fourrages | 502 863,71 | 1 062 461,59 | 2 016 689,12 |
| Entretien général | 52 229,19 | 163 811,68 | 341 247,63 |
| Service de la voie | 12 547,50 | 40 116,54 | 269 905,30 |
| Frais et charges de la Compagnie | 262 398,95 | 817 978,22 | 1 098 165,18 |
| Total de la dépense | 1 167 542,62 | 2 710 601,36 | 4 412 136,68 |
| Dépense par kilomètre parcouru | 1f,304 | 1f,240 | 1f,156 |

Si des totaux qui précèdent on retranche ce qui regarde l'Administration centrale et les frais et charges de la Compagnie, on trouve que l'exploitation seule a coûté :

| ANNÉE. | DÉPENSE TOTALE. | DÉPENSE PAR KILOMÈTRE parcouru. |
|---|---|---|
| | fr. | fr. |
| 1876 | 719 076,63 | 0,8033 |
| 1877 | 1 630 431,93 | 0,7462 |
| 1878 | 3 313 971,50 | 0,8683 |

La comparaison des recettes aux dépenses donne des résultats peu satisfaisants; elle montre de plus que l'écart entre ces deux éléments va croissant d'année en année.

TRAMWAYS-SUD. — ÉTAT COMPARATIF DES RECETTES ET DES DÉPENSES. 1876-1878.

| | 1876 | 1877 | 1878 |
|---|---|---|---|
| | fr. | fr | fr. |
| Recettes | 1 037 455,63 | 2 440 231,50 | 3 808 439,52 |
| Dépenses | 1 167 542,62 | 2 710 601,36 | 4 412 136,68 |
| Perte | 130 086,99 | 270 369,86 | 603 697,16 |

Ces résultats sont d'autant plus fâcheux qu'ils ont fait perdre au public la confiance qu'il avait d'abord dans les Tramways en tant qu'opérations finan-

cières, qu'ils ont rendu les capitaux plus défiants et, par suite, plus difficiles à trouver, et qu'ils ont ainsi momentanément compromis, dans une certaine mesure, l'avenir de ces moyens de transport si utiles au plus grand nombre.

Les dépenses pour la traction proprement dite sont les suivantes :

TRAMWAYS-SUD. — DÉPENSES DE TRACTION. 1876-1878.

| ANNÉE. | DÉPENSE TOTALE. | DÉPENSE PAR KILOMÈTRE exploité. | DÉPENSE PAR KILOMÈTRE parcouru. |
|---|---|---|---|
| | fr. | fr. | fr. |
| 1876 | 502 863,70 | 15 467 | 0,5617 |
| 1877 | 1 062 461,59 | 24 293 | 0,4862 |
| 1878 | 2 016 689,12 | 28 390 | 0,5284 |

La moyenne des trois années est de 0f,5254. La Compagnie a employé la traction mécanique sur quelques-unes de ces lignes à la fin de 1877 et au commencement de 1878. Elle a dû, paraît-il, y renoncer à cause des exigences de l'entrepreneur. Le service était fait au moyen des machines dites de Harding, mais qui sont en réalité les locomotives Merryweahter, dont il a été longuement parlé plus haut. Comme les résultats de cette tentative ne sont l'objet d'aucun article spécial, il ne nous a pas été possible d'en tenir compte dans ce qui précède.

Les dépenses faites pour l'entretien de la voie sont données ici :

TRAMWAYS-SUD. — ENTRETIEN DE LA VOIE. 1876-1878.

| ANNÉE. | DÉPENSE TOTALE. | DÉPENSE PAR KILOMÈTRE exploité. | DÉPENSE PAR KILOMÈTRE parcouru. |
|---|---|---|---|
| | fr. | fr. | fr. |
| 1876 | 12 547,50 | 385 | 0,01401 |
| 1877 | 40 116,54 | 919 | 0,01836 |
| 1878 | 269 905,30 | 3 799 | 0,07072 |

La dépense a augmenté considérablement en 1878. La cause n'est pas indiquée dans les comptes de la Compagnie. Il faut sans doute la voir dans la nécessité où l'on s'est trouvé de faire des relevés ou réparations plus fréquentes, à cause du passage des machines sur des voies qui n'avaient pas été construites primitivement dans ce but.

Nous donnons aussi, à titre de renseignement, la situation de la cavalerie et les mouvements effectués chaque année.

TRAMWAYS-SUD. — NOMBRE ET MOUVEMENT DES CHEVAUX. 1875-1878.

| ANNÉE. | NOMBRE au 1er Janvier. | ACQUISITIONS au courant de l'année. | NOMBRE DE CHEVAUX SORTIS | | | EFFECTIF au 31 Décembre. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Morts. | Vendus ou réformés. | Total. | |
| 1875 | » | 174 | 5 | 11 | 16 | 158 |
| 1876 | 158 | 521 | 55 | 24 | 79 | 600 |
| 1877 | 600 | 547 | 86 | 82 | 168 | 979 |
| 1878 | 979 | 812 | 228 | 146 | 374 | 1417 |

Le prix de la ration a varié d'une manière assez sensible, comme l'indiquent les moyennes qui suivent :

| ANNÉE. | PRIX MOYEN DE LA RATION. |
|---|---|
| | fr. |
| 1875 | 2,6165 |
| 1876 | 2,6563 |
| 1877 | 2,1195 |
| 1878 | 1,9396 |

---

Avant de quitter les Tramways de Paris, nous croyons utile de résumer en quelques tableaux les résultats de l'examen auquel nous venons de nous livrer. Nous y rapporterons tout au kilomètre parcouru, seule unité qui ne laisse aucune équivoque.

Nous donnerons ici, les uns à côté des autres, les chiffres des recettes, des dépenses générales, et de celles de traction et d'entretien de la voie. Avec les détails plus complets qui précèdent, le lecteur pourra se faire une idée suffisamment nette de la situation exacte de chaque Compagnie, et de la manière plus ou moins heureuse dont elle est administrée. Il ne faudra toutefois pas perdre de vue que la Compagnie des Omnibus possède à la fois les lignes les plus anciennes (voies ferrées), et, par suite, celles dont la clientèle (qu'on veuille bien nous passer ce mot) est le mieux faite, et qu'elle exploite les lignes les plus productives, celles de l'intérieur de Paris. Il ne faut pas cependant conclure de là que les autres réseaux sont nécessairement condamnés à une infériorité permanente. La tendance de plus en plus marquée des classes ouvrières et commerçantes à habiter loin du centre de Paris, où l'air leur manque et où les loyers sont chers, semble au contraire réserver un magnifique avenir aux Tramways Nord et Sud. Ajoutons enfin, en terminant, que le temps fort court qui s'est écoulé depuis la mise en fonctionnement des différents réseaux ne permet pas encore d'apprécier d'une manière bien exacte l'importance que leur trafic pourra prendre quand, au lieu d'être une nouveauté, ils seront devenus un besoin dans nos habitudes.

TRAMWAYS DE PARIS. — ÉTAT COMPARATIF DES RECETTES PAR KILOMÈTRE PARCOURU SUR LES DIFFÉRENTS RÉSEAUX. 1876-1878.

*Recettes par kilomètre parcouru.* 1876-1878.

| ANNÉE. | VOIES FERRÉES. | TRAMWAYS. des Omnibus. | TRAMWAYS Nord. | TRAMWAYS Sud. |
|---|---|---|---|---|
| | fr. | fr. | fr. | fr. |
| 1876 | 1,32 | 1,60 | 0,959 | 1,125 |
| 1877 | 1,29 | 1,52 | 0,948 | 1,100 |
| 1878 | 1,33 | 1,57 | 0,925 | 0,972 |
| Moyenne des trois années.. | 1,31 | 1,56 | 0,944 | 1,066 |

*Dépenses par kilomètre parcouru.* 1876-1878.

| ANNÉE. | VOIES FERRÉES. | TRAMWAYS des omnibus. | TRAMWAYS Nord. | TRAMWAYS Sud. |
|---|---|---|---|---|
| | fr. | fr. | fr. | fr. |
| 1876 | 1,024 | 0,9943 | 0,844 | 1,304 |
| 1877 | 1,047 | 1,1778 | 0,825 | 1,240 |
| 1878 | 1,095 | 1,1018 | 0,770 | 1,156 |
| Moyenne des trois années. . | 1,055 | 1,0913 | 0,813 | 1,233 |

Si, pour éliminer les causes d'incertitude inhérentes aux premières années du trafic, on tient compte seulement des moyennes des trois années (dont la dernière est celle de l'Exposition universelle de 1878), on voit que la proportion des dépenses aux recettes donne les résultats suivants : Les trois premiers réseaux sont en bénéfice, et les dépenses sont les 80 p. 100 de recettes pour les voies ferrées, 70 p. 100 pour les Tramways des Omnibus, et 86 p. 100 pour les Tramways-Nord. Les Tramways-Sud, au contraire, sont en perte, et les dépenses dépassent de 15 p. 100 les recettes.

TRAMWAYS DE PARIS. — DÉPENSES DE TRACTION PAR KILOMÈTRE PARCOURU. 1876-1878.

| ANNÉE. | VOIES FERRÉES. | TRAMWAYS des omnibus. | TRAMWAYS Nord. | TRAMWAYS Sud. |
|---|---|---|---|---|
| | | fr. | fr. | fr. |
| 1876 | ? | 0,6340 | 0,4739 | 0,5617 |
| 1877 | ? | 0,7112 | 0,4781 | 0,4862 |
| 1878 | ? | 0,5902 | 0,4280 | 0,5284 |
| Moyenne des trois années.. | ? | 0,6451 | 0,4600 | 0,5254 |

TRAMWAYS DE PARIS. — DÉPENSES D'ENTRETIEN DE LA VOIE PAR KILOMÈTRE PARCOURU.
1876-1878.

| ANNÉE. | VOIES FERRÉES. | TRAMWAYS des omnibus. | TRAMWAYS Nord. | TRAMWAYS Sud. |
|---|---|---|---|---|
| | | fr. | fr. | fr. |
| 1876 | ? | 0,0103 | 0,04259 | 0,01401 |
| 1877 | ? | 0,0513 | 0,06826 | 0,01836 |
| 1878 | ? | 0,0469 | 0,07166 | 0,07072 |
| Moyennes des trois années. | ? | 0,0362 | 0,0608 | 0,03436 |

---

COMPAGNIE FRANÇAISE DE TRAMWAYS.

## Le Havre. — Tours. — Orléans. — Nancy et Marseille.

La Compagnie générale française de Tramways a construit et exploite actuellement les tramways de cinq de nos principales villes de France, Le Havre, Tours, Orléans, Nancy et Marseille. Nous allons indiquer sommairement les résultats de l'exercice 1878. Les éléments dont nous nous servirons sont ceux mêmes que la Compagnie a fournis au Ministère des Travaux Publics en réponse à la circulaire du 7 Novembre 1878. Il s'en faut de beaucoup qu'ils forment un ensemble de documents statistiques bien complets, et que leur exactitude ait pu être contrôlée. Comme nous l'avons dit en commençant, nous les donnons sous toutes réserves, et en indiquant la source d'où ils proviennent. Nous sommes aussi obligés de modifier la forme des tableaux que nous avions adoptés à l'imitation de ceux qu'a donnés M. Clarck pour les tramways anglais.

Les longueurs comptées ici comme exploitées comprennent l'ensemble de toutes les voies construites pour le service des voyageurs. Nous donnons en regard les longueurs concédées; la différence provient des voies doubles, d'évitement, etc., le réseau concédé étant complètement construit. Il existe toutefois quelques différences entre les chiffres que nous allons indiquer et ceux qu'avaient bien voulu nous fournir les Ingénieurs chargés du contrôle de ces nouvelles voies; nous adoptons ici ceux qu'a accusés la Compagnie:

COMPAGNIE GÉNÉRALE FRANÇAISE DE TRAMWAYS. — LONGUEURS EXPLOITÉES AU 31 DÉCEMBRE 1878.

| NOMS DES VILLES. | LONGUEUR concédée. | LONGUEUR exploitée. |
|---|---|---|
| | mèt. | mèt. |
| Le Havre. . . . . . . . . . . . . . . . | 14011,00 | 9145,30 |
| Tours. . . . . . . . . . . . . . . . . | 6428,50 | 5623,65 |
| Orléans. . . . . . . . . . . . . . . . | 7241,40 | 7241,40 |
| Nancy. . . . . . . . . . . . . . . . . | 5128,20 | 4379,00 |
| Marseille. . . . . . . . . . . . . . . | 40495,01 | 23870,34 |
| Total pour les cinq villes. . | 73304,11 | 50259,69 |

Le détail des dépenses de premier établissement est assez sommaire. Il ne comprend que deux articles : la construction de la voie et, en bloc, le montant des terrains, bâtiments, matériel, cavalerie et dépenses diverses. Il serait intéressant de connaître pour quelle part entrent la cavalerie et le matériel, et quelle est la somme qui a été employée aux acquisitions de terrains et aux constructions des dépôts et écuries. C'est un élément que l'on a souvent, et à juste raison, fait intervenir dans les discussions sur l'emploi des moteurs mécaniques au lieu des chevaux.

COMPAGNIE GÉNÉRALE FRANÇAISE DE TRAMWAYS. — DÉPENSES DE PREMIER ÉTABLISSEMENT AU 31 DÉCEMBRE 1878.

| ARTICLES DE LA DÉPENSE. | LE HAVRE. | TOURS. | ORLÉANS. | NANCY. | MARSEILLE. |
|---|---|---|---|---|---|
| | fr. | fr. | fr. | fr. | fr. |
| Construction de la voie. | 895429,61 | 437546,25 | 340300,00 | 263754,90 | 2818784,00 |
| Terrains, bâtiments, matériel, cavalerie, etc. . | 736470,62 | 241333,60 | 264153,15 | 313549,41 | 3811574,78 |
| Dépense totale. . . . . . | 1631900,23 | 678879,85 | 604453,15 | 577304,31 | 6630358,78 |
| Dépense par kilomètre exploité. . . . . . . . | 178441,00 | 120718,00 | 83475,00 | 131834,00 | 277765,00 |

La somme totale dépensée pour l'ensemble du réseau des cinq villes est de 10122896f,32, ce qui donne une dépense moyenne de 201410 francs par kilomètre exploité.

Les recettes brutes ont été les suivantes, en 1877 et 1878.

COMPAGNIE GÉNÉRALE FRANÇAISE DE TRAMWAYS. — RECETTES BRUTES EN 1877 ET 1878.

| ANNÉE. | LE HAVRE. | TOURS. | ORLÉANS. | NANCY. | MARSEILLE. |
|---|---|---|---|---|---|
| | fr. | fr. | fr. | fr. | fr. |
| 1877 | 487925,20 | 54053,25 | 84044,55 | 148954,05 | 1348320,50 |
| 1878 | 502526,25 | 90389,80 | 110710,10 | 141703,60 | 1485141,60 |
| Différ. en faveur de 1878. | + 14681,05 | + 36336,55 | + 26665,55 | — 7250,45 | + 136821,10 |

Elles correspondent aux recettes kilométriques qu'indique le tableau ci-dessous :

COMPAGNIE GÉNÉRALE FRANÇAISE DE TRAMWAYS. — RECETTES KILOMÉTRIQUES BRUTES EN 1877 ET 1878.

| ANNÉE. | LE HAVRE. | TOURS. | ORLÉANS. | NANCY. | MARSEILLE. |
|---|---|---|---|---|---|
| | fr. | fr. | fr. | fr. | fr. |
| 1877 | 53354,30 | 9612,86 | 11606,76 | 34015,53 | 56485,98 |
| 1878 | 54950,90 | 16075,01 | 15289,33 | 32359,83 | 62217,91 |
| Différ. en faveur de 1878. | + 1596,60 | + 6462,15 | + 3682,57 | — 1655,70 | + 5731,93 |

On voit ainsi, qu'à part le réseau de Nancy, tous les autres ont donné lieu à une augmentation de recettes, comparativement à celles de 1877, et que cet accroissement varie depuis 3 p. 100 de ces dernières pour le Havre jusqu'à 67 p. 100 pour Tours.

Les dépenses d'exploitation sont divisées en quatre articles seulement : droits de régie, droits de stationnement, entretien de la voie et, en bloc, amortissement du matériel et de la voie et dépenses de toute nature non comprises dans les trois premiers articles. Au point de vue de la statistique, il aurait été important de subdiviser encore le dernier article afin de faire ressortir bien nettement ce qui regarde la traction.

COMPAGNIE GÉNÉRALE FRANÇAISE DE TRAMWAYS. — DÉPENSES D'EXPLOITATION EN 1878.

| ARTICLES DE LA DÉPENSE. | LE HAVRE. | TOURS. | ORLÉANS. | NANCY. | MARSEILLE. |
|---|---|---|---|---|---|
| | fr. | fr. | fr. | fr. | fr. |
| Droits de régie. . . . . . . . . | 14462,70 | 3991,22 | 5239,51 | 4388,97 | 37746,10 |
| Droits de stationnement.. . . . . | 15000,00 | 1800,00 | 800,00 | 265,60 | 29564,90 |
| Entretien de la voie. . . . . . . | 62061,90 | 2180,20 | 9867,45 | 2240,50 | 140978,03 |
| Amortissement et dépenses de toute nature non comprises aux trois articles précédents. . . . | 318050,39 | 92052,64 | 113549,10 | 104492,00 | 1101783,64 |
| Dépense totale. . . . . . . . . . | 409574,99 | 99952,06 | 129501,06 | 111387,07 | 1310072,67 |
| — par kilomètre exploité. . | 44785,53 | 17753,96 | 17884,41 | 23153,02 | 54882,86 |

ÉTAT COMPARATIF DES RECETTES ET DES DÉPENSES D'EXPLOITATION.

1° *Pour l'ensemble des voies de chaque ville.*

| | LE HAVRE. | TOURS. | ORLÉANS. | NANCY. | MARSEILLE. |
|---|---|---|---|---|---|
| | fr. | fr. | fr. | fr. | fr. |
| Recettes totales. . . . . | 502 526,25 | 90 389,80 | 110 710,10 | 141 703,60 | 1 485 141,60 |
| Dépenses totales. . . . . | 409 574,99 | 99 952,06 | 129 501,06 | 111 387,02 | 1 310 072,67 |
| Différence en faveur des recettes. . . . . . . . | +92 951,26 | — 9 562,26 | — 18 790,96 | + 30 316,58 | +175 068,93 |
| 2° *Par kilomètre exploité* | | | | | |
| Recettes kilométriques. . | 54 950,90 | 16 075,01 | 15 289,33 | 32 359,83 | 62 217,91 |
| Dépenses kilométriques. | 44 785,53 | 17 753,96 | 17 884,41 | 23 153,02 | 54 882,86 |
| Différence en faveur des recettes. . . . . . . . | +10 165,37 | — 1 678,95 | — 2 595,08 | + 9 206,81 | + 7 335,05 |

Le bénéfice réel total réalisé par la Compagnie sur les réseaux des cinq villes est de 269 983f,55 soit 2,6 p. 100 du capital de premier établissement.

De ce que les lignes qui composent le réseau de la Compagnie, ne produisent en fin de compte qu'un bénéfice aussi faible, il ne faudrait pas en conclure que l'opération financière qui leur a donné naissance soit mauvaise. Les réseaux des cinq lignes n'ont pour la plupart été terminés entièrement qu'en 1877 et 1878. Tout ce qu'on peut dire, c'est que leur clientèle normale n'est pas faite ; il est donc indispensable d'attendre quelques années avant de pouvoir tirer des conclusions un peu certaines des résultats de leur fonctionnement.

La même observation peut du reste s'appliquer à toutes les compagnies constituées en France; elles sont toutes de date trop récente et c'est la raison principale qui nous détermine à ne pas insister davantage sur les résultats financiers de l'exploitation. En dehors de cette cause, il y a eu de grands mécomptes dont on s'est demandé la raison. L'expérience a montré qu'en Angleterre et en Amérique les tramways sont un instrument qui fait beaucoup d'argent. On en a conclu qu'il en serait de même partout, ce qui est à peu près vrai. Aussi les spéculateurs-constructeurs ont-ils abondé; les villes et les départements, voyant un grand nombre de concurrents se disputer les concessions, ont tout naturellement élevé leurs prétentions, augmenté les charges premières des entreprises et les concessionnaires qui ont accepté leurs conditions, coûte que coûte, ont diminué par là même leurs chances de succès. Dans les sociétés anonymes, les majorations plus ou moins considérables, consenties en faveur des concessionnaires de la première heure, ont été le second écueil et l'un des plus graves, parce que ces agissements ont fait la plus détestable impression sur le public et que leurs conséquences pèsent

lourdement sur l'avenir des compagnies. Enfin la construction des lignes et l'acquisition du matériel faites à trop grands frais, la direction même imprimée à l'exploitation ont souvent donné lieu à des mécomptes qu'on aurait pu éviter avec un peu de prudence. Toutes ces causes, on peut le dire hautement, ne sont en rien imputables aux tramways eux-mêmes qui conservent toutes leurs qualités financières intrinsèques; c'est la faute des hommes qui savent mal en user, ce sont les actionnaires qui y prêtent la main en approuvant les yeux fermés presque tout ce qu'on leur présente.

Il aurait peut-être été facile dans le début de porter remède à cette situation, de l'empêcher même de se produire. L'État qui concédait les tramways aurait pu imposer aux compagnies certaines règles pour l'émission des actions et des obligations, , comme il l'a fait dans la suite, et les obliger à lui fournir les comptes exacts et détaillés de leurs opérations. Soumis à l'examen d'hommes compétents, pris dans le corps des ponts et chaussés et des finances, ces comptes auraient été analysés avec la plus grande rigueur; le public aurait été de la sorte prémuni contre des agissements peu réfléchis, et ses intérêts auraient été sauvegardés dans une certaine mesure; enfin des pénalités auraient pu être stipulées pour frapper la production de documents incomplets ou inexacts. Cette idée n'est pas nouvelle et ne nous appartient du reste pas; elle se trouve en substance dans l'acte de concession des tramways de l'État de New-York. La nécessité d'un pareil contrôle a bien été sentie par le ministre des travaux publics et la circulaire de M. de Freycinet, en date du 7 Novembre 1878 témoigne de cette préoccupation. Mais que peuvent faire les agents de l'administration en face des compagnies, sur lesquelles ils n'ont aucun pouvoir? Quel moyen ont-ils de contrôler les chiffres qu'ils ne peuvent tenir que du bon vouloir de celles-ci?

Quoi qu'il en soit de cette situation et malgré l'opinion de quelques pessimistes, l'avenir des tramways n'est nullement compromis par les résultats peu favorables obtenus par quelques compagnies; les capitalistes auraient grand tort de laisser de côté ces entreprises qui ont toutes de l'avenir; mais il leur appartient de voir eux-mêmes à leurs affaires, en recourant au besoin aux conseils des hommes spéciaux. Ce sera le vrai, le seul moyen de faire produire aux tramways français des résultats aussi satisfaisants qu'en Angleterre et en Amérique.

## MATÉRIEL ROULANT.

### Cars.

On peut dire d'une manière générale que tous les cars de tramways usités en France dérivent du type américain plus ou moins modifié par la pratique anglaise. Il faut toutefois en excepter ceux que la Compagnie des Omnibus employe sur son réseau. La description en a été donnée à la p. 220, et

les dessins de la Pl. IX, en font comprendre les dispositions principales. Nous n'y reviendrons pas ici. Nous nous contenterons de faire remarquer que ces véhicules ne sont à proprement parler que des omnibus ordinaires modifiés, agrandis, rendus plus commodes et plus confortables et munis de roues à boudins qui leur font suivre un parcours déterminé; mais ils conservent tous les avantages et en même temps tous les inconvénients des omnibus. Ils rentrent si bien dans ce type, que la compagnie a exposé en 1878, puis mis en circulation sur la ligne de la Bastille à la Madeleine, des omnibus à trois chevaux construits identiquement sur le même modèle. Dans ces derniers, l'accès à l'impériale ayant été rendu facile par un escalier, l'administration en a même permis l'entrée aux femmes, comme sur les voitures de tramways. Les cars de la Compagnie des Omnibus appartiennent à la catégorie de ceux qu'on a appelés déraillables, parce qu'ils peuvent à volonté quitter la voie et la reprendre, après un parcours quelconque sur la chaussée.

Tous les autres cars des lignes françaises sont indéraillables; leurs essieux, fixés d'une manière à peu près invariable, ne peuvent prendre l'un par rapport à l'autre que des mouvements extrêmement petits. On peut dire en thèse générale qu'un car, dans le sens propre du mot, se compose d'une caisse centrale portée par les roues, et qu'on nomme l'intérieur, et de deux prolongements — un à chaque extrémité — qui constituent les plates-formes. Ces dernières sont le plus ordinairement couvertes; la partie centrale peut être surmontée de sièges qui constituent alors l'impériale.

On pourrait facilement subdiviser les cars en catégories suivant leur mode de construction, leurs dispositions générales, etc., mais cela ne semble pas présenter un grand intérêt. La séparation la plus nette et la seule qu'il semble utile d'établir provient de la présence ou de l'absence de l'impériale. On a beaucoup discuté sur les mérites et les inconvénients de l'impériale ; cette question a une telle importance qu'on nous permettra de nous y arrêter un instant.

On a déjà vu plus haut les opinions des constructeurs sur ce sujet, principalement en ce qui regarde la durée des véhicules, leur poids, les efforts que les chevaux ont à développer tant au départ qu'en marche. De l'avis des hommes compétents, les voitures à impériales ne conviennent surtout pas aux lignes à profil accidenté ; sur les voies usées ou mal entretenues, elles sont même une cause de grande fatigue pour les voyageurs. Mais à côté de ces considérations dont l'importance n'est pas discutable, il est utile d'en faire intervenir d'autres qui apportent dans la question des éléments d'un autre ordre et auxquelles on n'a peut-être pas attaché dans la quatrième partie tout l'intérêt qu'ils méritent.

Dans les villes qui ont depuis longtemps possédé des services d'omnibus, l'impériale est souvent devenue un besoin qu'il est difficile de déraciner. Son maintien sur les lignes de tramways est alors une conséquence d'habitudes, contre lesquelles il n'y a pas à lutter, alors même que les nécessités du trafic ne le réclament nullement. Il faut cependant reconnaître que les populations

se font assez vite aux nouveaux modes de transport qu'on met à leur disposition, et la facilité avec laquelle les Parisiens se sont accommodés des plates-formes des cars est là pour le prouver.

Quand néanmoins la question reste tout entière et qu'on peut la prendre pour ainsi dire *ab ovo*, elle est susceptible d'une solution rationnelle. Ce sont les besoins et l'importance de la circulation qui doivent faire décider s'il y a lieu ou non d'adopter l'impériale.

L'essence même de l'exploitation des tramways, c'est d'avoir des véhicules se succédant à intervalles aussi courts que possible, de telle manière qu'un voyageur, arrivant sur leur parcours puisse toujours avoir un car immédiatement ou presque immédiatement en vue. C'est évidemment de cette façon qu'on desservira le mieux les intérêts du public, et qu'on l'amènera à se faire une nécessité des tramways, même pour les parcours de peu d'importance. Si donc on règle l'exploitation sur ce principe, les besoins de la circulation détermineront *ipso facto* les véhicules qu'il faudra employer sur chaque ligne d'un réseau

Si le trafic est peu important, il suffira d'avoir des cars assez petits et attelés d'un cheval seulement, comme à Bruxelles. Si les besoins se développent, la première chose à faire sera d'augmenter le nombre des cars et la fréquence des départs; si ces moyens sont insuffisants, on aura successivement recours aux cars ordinaires à deux chevaux et enfin aux cars à impériale. On voit de la sorte qu'en procédant d'une manière logique et rationnelle, les cars à impériale sont le dernier moyen à employer pour desservir une circulation d'une très-grande importance, et on ne doit pour ainsi dire y recourir qu'exceptionnellement. Ajoutons, en passant, que si la voie à parcourir est simple, avec garages de distance en distance, cette solution laisse toujours beaucoup à désirer; il devient impossible d'avoir des cars régulièrement espacés; des retards considérables se produisent et tout le service s'en ressent.

Il s'en faut de beaucoup qu'en France et surtout à Paris, on ait procédé de la façon méthodique que nous venons d'indiquer. Il a sans doute fallu dès le début employer des cars à impériale sur des lignes à très-grande fréquentation; mais la nécessité n'était nullement la même sur la plupart des autres. Malgré cela, on y a adopté le même modèle de voitures, etc. ; la tendance aujourd'hui est de les introduire partout et l'administration municipale pousse, dit-on, dans cette voie.

Mais toute question a toujours deux faces; à côté des intérêts du public surgissent ceux des compagnies. Si on oblige celles-ci à fournir des cars de grandeur exceptionnelle, il faut évidemment leur laisser les moyens de les remplir ; car on ne peut raisonnablement exiger qu'elles fassent de l'exploitation avec la certitude d'éprouver une perte sèche. On en arrive ainsi à tomber peu à peu dans les pratiques d'une exploitation qui peut devenir avantageuse pour ces compagnies, mais qui est détestable pour le public ; nous voulons parler de l'exploitation qui spécule sur le trop-plein.

Afin de remplir autant que possible les véhicules, on espace de plus en

plus les départs. Chaque voiture en mouvement fait bien de la sorte une bonne recette, mais il ne reste plus de place à donner en route; le public obligé de se rendre aux bureaux y attend longtemps, finit par s'impatienter et par renoncer à se servir du tramway, surtout s'il n'a qu'une course assez restreinte à faire. En agissant ainsi, on a complètement perdu de vue le but de la création des tramways. L'exploitation qu'on fait ressemble à celle des chemins de fer; mais tandis que ces derniers peuvent toujours donner de la place aux voyageurs, il n'en est plus ainsi pour les cars. Les inconvénients d'un pareil état de choses sont intolérables pour le public et on peut dire, sans crainte d'être démenti, qu'ils doivent en grande partie être attribués à l'emploi des cars à impériale sur des lignes où ces véhicules ne sont rationnellement pas nécessaires. Si, en raison de leurs autres défauts, on a cherché à les proscrire dans bien des pays, et s'ils disparaissent peu à peu de la plupart des réseaux actuellement exploités, les nouvelles raisons que nous venons d'indiquer et dont tout le monde a pu constater l'exactitude, devraient encore encourager à marcher résolument dans cette voie. Nous sommes loin d'être systématiquement l'ennemi de l'impériale, mais nous croyons qu'elle manque le plus souvent son but et qu'il n'y faut recourir qu'en cas d'absolue nécessité.

Après avoir été d'abord tributaire de l'étranger pour ses cars, la France les a bientôt construits elle-même ; et comme dans tous les ouvrages où le goût joue un grand rôle, elle a bien vite égalé et dépassé ses modèles. Nous n'avons pas l'intention de nous étendre longuement sur les détails de leur construction ; nous donnons seulement les dessins de quelques cars en indiquant sommairement comment ils sont établis.

Nous ferons toutefois au préalable une remarque générale.

Les premiers cars importés en France, de même que les premiers qui y ont été construits à l'imitation des modèles américains et anglais, présentaient presque tous le même défaut. Les châssis formés de longerons ou brancards et de traverses en bois étaient triangulés pour prévenir les déformations en plan. Les plates-formes en porte-à-faux à chaque extrémité étaient portées sur les prolongements des brancards ou sur des consoles attachées à la caisse et assemblées sur la traverse de chaque bout. Or, au bout d'assez peu de temps, les plates-formes donnaient du nez, tandis que la partie centrale du bâti tendait à se relever; tout cet ensemble se disloquait et le car présentant l'aspect le plus disgracieux devait être mis en réparation. Tous les constructeurs se sont mis à l'œuvre pour trouver les moyens de remédier à ces inconvénients. Les systèmes qu'ils ont employés et quelques détails plus ou moins ingénieux, sont à peu près les seules particularités qui distinguent les différents types qu'ils ont produits. Le poids de leurs véhicules rapporté à l'unité de voyageur est un élément essentiel auquel les compagnies attachent une grande importance ; il ne varie toutefois que dans des limites assez restreintes.

Les types dont les Pl. XVI, XVII, XVIII, XIX et XX, donnent les élévations, plans ou détails nous ont été communiqués par les trois constructeurs de Paris

qui se sont le plus occupés de la fabrication des cars : MM Bonnefond, Delettrez frères et Morel Thibaut.

M. Bonnefond, directeur de la Compagnie française de matériel de chemin de fer, n'a pas hésité à conserver le bois comme matière pour les châssis de tous ces cars fermés. Les longerons ou brancards sont réunis par des traverses qui portent le plancher de la caisse; deux ouvertures recouvertes d'un tambour donnent place aux roues de chaque côté. Les longerons sont armés sous les banquettes pour avoir plus de rigidité. Les plates-formes sont portées par des consoles ou pièces en encorbellement, dont la forme rappelle celle des solides d'égale résistance; elles sont fixées à la caisse au moyen de boulons et de brides et elles forment avec elle un tout d'une grande rigidité. La traverse de tête de chaque plate-forme porte un tablier en tôle laissant de chaque côté de la caisse un passage pour l'entrée et la sortie des voyageurs. Deux douilles fixées sur le tablier guident la tige du frein; la chaîne s'enroule sur celle-ci en dessous du plancher et une roue à rochet en maintient à volonté le serrage.

De chaque côté de la plate-forme est installé un marchepied en tôle striée pour empêcher les voyageurs de glisser en montant ou en descendant. Dans le type de Nancy, comme dans celui des Tramways-Nord de Paris, *fig.* 1, 2, 3, 4, Pl. XVI, ils ont 0m,26 de largeur, 0m,70 de longueur et sont à environ 0m,30 du sol quand le car est vide. Des mains-montoirs facilitent l'entrée et la sortie. Dans le type de Nancy, les terrasses ne sont pas fermées. Au contraire dans les voitures construites pour les Tramways-Nord, des portes peuvent à volonté clore les ouvertures ménagées entre la caisse et le tablier. En s'ouvrant, ces portes viennent s'appliquer contre les parois en bout de la caisse et leurs parties supérieures constituent de véritables mains-courantes faisant suite aux mains-montoirs. Les plates-formes sont couvertes par des auvents qui s'appuyent d'une part sur la caisse et de l'autre sur les deux colonnettes qui reçoivent les abouts des tabliers et limitent la largeur des entrées des terrasses.

L'intérieur communique avec les plates-formes au moyen de portes à coulisses roulant sur galets. Les boiseries intérieures sont en acajou ; les dossiers et sièges sont recouverts de drap et matelassés. M. Bonnefond vient d'apporter dans ces parties une très heureuse innovation pour la saison d'été. Dans ses nouvelles voitures, les sièges sont en acajou courbé; ils sont, pendant l'hiver, garnis de coussins indépendants d'eux qui sont rattachés d'une manière invariable aux dossiers. Ces derniers, capitonnés comme on vient de le dire, sont fabriqués sur des panneaux amovibles qu'on maintient en place au moyen de vis. Quand arrive la saison des chaleurs, on peut, en défaisant tout simplement les vis, enlever tout d'une pièce ces panneaux et les coussins de siège qui en dépendent et les remplacer par des dossiers en bois d'acajou préparés à l'avance. On a de cette manière des sièges infiniment plus frais, qu'il est extrêmement facile de tenir propres et, en même temps, on évite l'usure des draps, leur détérioration par la poussière et leur décoloration par le soleil.

Des ventilateurs, ménagés à la partie supérieure de la caisse et fermés par des châssis mobiles à la portée des voyageurs, permettent une aération active. Deux ouvertures pratiquées dans la partie supérieure des cloisons de bout concourent également à renouveler l'air et à entretenir la fraîcheur dans la caisse.

Les glaces sont fixes ou mobiles suivant les types. Au lieu des stores qui s'abîment et se décolorent très vite, M. Bonnefond emploie un système de persiennes qui garantissent très bien les voyageurs du soleil ou de la poussière tout en laissant pénétrer l'air.

Les panneaux des cars sont en bois ou en tôle, le plus généralement en bois.

Chacun des cars fermés de la Pl. XVI a $5^m,90$ de longueur entre les tabliers et $1^m,980$ de largeur en œuvre. Il est porté par quatre roues de $0^m,75$ de diamètre au tambour, dont les essieux sont distants de $1^m.55$ d'axe en axe. Les roues, à moyeu en fer forgé, sont calées sur les essieux au moyen de la presse hydraulique. Elles sont généralement pourvues d'un bandage en acier.

La suspension s'effectue au moyen de huit blocs en caoutchouc, — deux par roue, — ayant environ $0^m,090$ de diamètre en leur milieu et $0^m,150$ de hauteur quand ils ne sont pas chargés.

Les plaques de garde en fonte sont attachées aux brancards. Les boîtes à huile qui jouent le long de ces plaques sont aussi en fonte. Elles portent de chaque côté une sorte de console présentant en son centre une partie conique sur laquelle se fixe le bloc de caoutchouc correspondant. Des appendices analogues, venus de fonte, avec les plaques de garde, maintiennent de la même manière les blocs à leur partie supérieure.

Les boîtes à huile sont à peu près les mêmes que celles qui ont été décrites plus haut, page 206. Il en est de même des freins, qui sont à balancier et du système Stéphenson.

Les ressorts de traction sont aussi des blocs de caoutchouc placés sous les plates-formes. Ils sont traversés par des tiges de fer terminées par une mâchoire où vient se fixer la flèche, ou l'anneau du palonnier, quand il s'agit de cars à un seul cheval.

L'élévation longitudinale de la voiture, type des Tramways-Nord, permet de se rendre compte de ce système.

La nuit, les cars sont éclairés par deux lampes à pétrole placées à chaque extrémité de la caisse dans la paroi qui la sépare de la plate-forme. Des réflecteurs en glaces argentées envoient dans l'intérieur une quantité de lumière telle qu'on peut y lire aisément. Des verres de couleur, disposés du côté de l'extérieur, annoncent au public le sens de la marche et le parcours de la voiture.

Ces cars sont solides, élégants et légers. M. Bonnefond en a construit pour les réseaux de Paris, Lille, le Havre, etc. Ils ont donné les meilleurs résultats au point de vue de la durée et de la douceur du roulement.

Les figures 5 et 6 de la Pl. XVI sont les élévations longitudinales et transversales d'un des cars d'été que M. Bonnefond a construits pour plusieurs tramways

étrangers. Ici les brancards, de même que le châssis, sont en tôle d'acier évidée et, en raison de la plus grande résistance de cette matière, l'écartement des essieux a été réduit à 1m,50. La montée s'opère par les côtés. Des dossiers à retournement permettent aux voyageurs de choisir leur position par rapport au sens de la traction. Des rideaux les garantissent de la pluie et du soleil. Le type représenté ici à 6m,16 de longueur entre les tabliers et 2m,14 de largeur totale en œuvre; il peut tenir vingt-huit personnes. Il est très apprécié pour l'été. Un grand nombre de voitures de ce genre ont été fabriquées pour l'Amérique du Sud.

MM. Delettrez frères ont compris et résolu d'une autre manière la difficulté relative aux plates-formes, et leur mode de construction des cars diffère essentiellement de tout ce qu'on avait fait en France pour ce genre de véhicules. Dans le but d'avoir à la fois un matériel très solide et très léger, ils ont eu recours à un système mixte où le fer et le bois sont simultanément employés.

Dans toutes leurs voitures, le châssis et la caisse sont solidaires. Le châssis est formé de deux longerons en fer de la forme ⊾, réunis entre eux par des traverses de chêne et contre lesquels les brancards de caisse viennent se fixer au moyen de boulons. Ils ont aussi employé simplement du fer en ⊏, sur lequel les brancards s'attachent au moyen de plaques de fer ou d'équerres. La Pl. XVII donne le plan et les détails d'un car à un cheval sorti des ateliers de ces constructeurs. Les longerons prolongés au delà de la caisse constituent les plates-formes, qui ne sont en somme que la continuation du châssis.

Toutes leurs voitures sont suspendues sur des ressorts en acier, analogues à ceux des wagons, et reposent sur des boîtes à huile du système Delannoy. Au lieu de faire les fusées des essieux lisses et de leur permettre de jouer dans la boîte, MM. Delettrez ne laissent qu'un jeu d'environ 1 millimètre entre le coussinet et les deux portées de la fusée; et c'est entre la boîte à huile et la plaque de garde qu'ils ont ménagé le jeu nécessaire pour le passage dans les courbes. Comme on le voit, ces dispositions ont la plus grande analogie avec celles du matériel des chemins de fer. Grâce à leur emploi, ils ont pu prolonger notablement la durée de leurs coussinets. Les châssis sont consolidés, comme le montre la Pl. XVII, au moyen de croix de Saint-André, qui préviennent les déformations et maintiennent le parallélisme des essieux. Dans le type que nous donnons ici, la longueur entre les tabliers est 5m,50 et la largeur totale de 2m,180. Les roues ont 0m,75 de diamètre et les essieux sont à 1m,60 d'axe en axe; le dessous des longerons se trouve à 0m,55 du sol, quand le car en question est vide; il tient vingt-huit personnes. Les marchepieds sont au bout des plates-formes et un peu de biais; cette disposition a pour effet d'obliger les voyageurs à s'adosser aux montants de la caisse et de laisser les entrées libres; on estime aussi qu'elle rend la montée et la descente plus commodes qu'avec les marchepieds latéraux. La ventilation s'opère par le haut du pavillon.

La Pl, XXIV donne le plan et l'élévation d'une voiture à impériale en ser-

vice sur les Tramways-Nord de Paris. Dans ce type, chaque plate-forme n'a qu'une entrée.

Toutes les voitures de MM. Delettrez sont munies d'un frein spécial (*fig.* 3, Pl. XX) qui mérite une description particulière. Il se compose d'un levier horizontal A tournant autour d'un support O, au centre du châssis. A ses deux extrémités s'articulent deux grandes bielles E, terminées chacune par une chaîne qui s'enroule sur un arbre à manivelle placé contre le tablier de chaque plate-forme. Aux points $O_1$, $O_1$, viennent s'articuler quatre petites bielles D, qui agissent aux extrémités de quatre leviers B qui portent les sabots G. Ces bielles sont munies d'écrous C qui servent à régler le frein.

Les leviers B peuvent tourner autour de leurs supports F. Les sabots G, articulés autour de ces leviers, sont maintenus dans une position verticale par des ressorts. Les leviers porte-sabots B sont de longueurs différentes, pour que l'action des bielles D se fasse normalement dans la position moyenne; mais le rapport des bras de levier de chacune de ces pièces est le même, et par conséquent chaque roue reçoit le même effort. Les bras de levier sont calculés de telle manière qu'un effort de 20 kil. à la manivelle donne une pression de 1,000 kil. par chaque roue, soit en tout 4,000 kil. par véhicule.

Comme toutes les pièces résistent à la traction, on a pu leur donner des dimensions assez faibles, de sorte que le frein complet ne pèse que 65 kil.

Le réglage se fait avec une grande facilité et donne le moyen d'avoir toujours la même pression sur les roues, quelque inégale que puisse être l'usure des sabots.

Pour l'attelage à deux chevaux, la volée est remplacée par un palonnier-ressort à lames qui a été très goûté des compagnies qui l'ont employé. Le point d'attache de la traction, placé sur la plate-forme même, permet, en raison de son élévation, de faire travailler plus convenablement les chevaux et avec une fatigue moindre. Toutes les voitures de MM. Delettrez sont bien étudiées; elles sont très employées sur les Tramways-Nord et Sud de Paris, à Lille, à Saint-Pétersbourg, etc. Ces constructeurs ont également inventé et appliqué un nouveau système d'attelage à ressort, très ingénieux et qui sert en même temps de tamponnement; il s'applique surtout quand les cars doivent être traînés par des machines; il donne un accouplement simple, rapide et à l'abri des chocs.

M. Morel-Thibaut, ingénieur-constructeur qui ne s'occupe que de la fabrication des voitures, a créé une série de types nouveaux sur lesquels nous croyons devoir appeler l'attention. Après avoir construit les cars à la manière ordinaire, avec les plates-formes à chaque bout, et avoir cherché les moyens de les empêcher de s'abaisser en fléchissant sous le poids des voyageurs, il s'est demandé si l'on n'arriverait pas à une solution meilleure en changeant l'ordre des données du problème. Il voulait surtout éviter l'emploi du fer dans le châssis et tâcher de réunir en même temps une grande solidité et une légèreté suffisante.

Il remarque que les plates-formes, étant généralement dévolues aux voya-

geurs de deuxième classe, ce sont elles qui, en raison du tarif moins élevé, sont appelées à recevoir le plus de monde quand il n'y a pas d'impériale; c'est ce qu'on peut du reste constater dans toutes les villes industrielles, aussi bien en France qu'à l'étranger. Il y a donc dans ce cas quelque chose de peu rationnel à mettre en porte-à-faux les parties qu'on peut le moins facilement renforcer et qui sont susceptibles d'avoir à porter les poids les plus considérables. En suivant cet ordre d'idées, M. Morel-Thibaut a été amené à construire, pour les tramways de Lille, la voiture qui est représentée dans la Pl. XVIII. Un simple coup d'œil jeté sur les dessins montre immédiatement les modifications apportées aux types connus. Ce sont ici les caisses d'intérieur qui occupent les deux extrémités du châssis, tandis que la terrasse est reportée à la place que l'on donne généralement à la caisse; c'est donc sur la base même des roues que repose la partie sur laquelle le poids des voyageurs peut exercer les plus grands efforts. Le cocher se tient sur une étroite plate-forme en porte-à-faux, ménagée à chaque extrémité du car, et où il n'y a place que pour lui seul

L'entrée des terrasses se ferme à hauteur d'appui par une sorte de main courante qu'on lève ou abaisse à volonté, et qui empêche les chutes. L'ensemble de ces dispositions est fort ingénieux; il donne un plus grand confort aux voyageurs de 2e classe et les protége mieux du soleil et de la pluie; des bancs ménagés contre les panneaux laissent même à un certain nombre d'entre eux la facilité de s'asseoir, tandis que dans les cars ordinaires ils sont tous obligés de rester debout. Les pièces qui réunissent les brancards aux longerons supérieurs permettent de donner à tout l'ensemble une rigidité bien plus grande et, par suite, d'en prévenir la déformation sans augmenter le poids du véhicule. Ce car a été mis en service à Lille; on lui a toutefois fait un reproche dont on paraît s'être exagéré l'importance : c'est celui d'obliger les voyageurs à monter et à descendre par le côté. Dans beaucoup de cars actuellement en service, l'accès aux plates-formes a lieu de la même manière, sans que cependant on ait songé à en faire l'objet de plaintes bien sérieuses; cette situation a néanmoins jeté une certaine défaveur sur ce type, dont l'usage ne s'est pas beaucoup répandu.

M. Morel-Thibaut, après cette tentative, est revenu au système ordinaire des cars avec plates-formes en bout; mais comme il recherchait toujours la légèreté et s'imposait l'obligation de ne pas employer de fer pour les longerons du bâti, il a imaginé la solution qui a donné naissance au type représenté dans la Pl. XIX et les *fig.* 148 et 149. Ce car d'été, qui a figuré à l'Exposition de 1878 et est destiné aux tramways de Milan, présente cette disposition caractéristique que le longeron du châssis et le longeron correspondant de l'impériale sont réunis entre eux, à leurs extrémités, par deux arbalétriers ou tirants inclinés, et dans la partie centrale par des montants verticaux; chacune des parois latérales constitue ainsi une sorte de poutre armée. Le longeron d'impériale est recouvert d'une tôle qui se prolonge jusqu'aux bouts des longerons inférieurs en donnant naissance aux deux arbalétriers ou tirants. Cette tôle est garnie sur tout son pourtour d'un fer olive qui lui fournit de la raideur




Fig. 148. — Car d'été. Nouveau système de M. Morel-Thibaut. Élévation perspective.

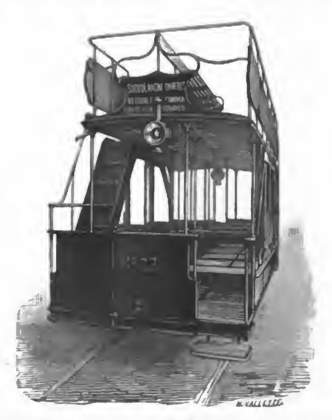


Fig. 149. — Car d'été. Nouveau système de M. Morel-Thibaut. Vue perspective en bouf.

sans l'alourdir et qui sert en même temps de motif décoratif. On voit d'après cela que les extrémités des plates-formes sont maintenues à un niveau invariable; qu'elles ne peuvent plus donner du nez, et que tous les efforts qu'elles ont à subir se reportent sur tout l'ensemble de la construction, dont toutes les pièces travaillent pour assurer la rigidité et la résistance nécessaires. Les

tôles qui constituent les arbalétriers forment en même temps limons pour les escaliers qui conduisent à l'impériale. L'entrée a lieu par les extrémités et dans le sens de l'axe de la voiture et de la marche; un couloir central ménagé entre les banquettes permet la circulation. Les panneaux latéraux sont en bois de teak, très-résistant et peu impressionnable aux influences atmosphériques. Des rideaux (système Fontan) garantissent les voyageurs du soleil et de la pluie. Ce car est destiné à être traîné par deux chevaux et à mener 54 voyageurs, 30 à l'intérieur et 24 sur l'impériale (non compris le cocher et le conducteur) (1).

M. Morel-Thibaut a construit suivant le même principe une voiture à un cheval qui est actuellement en service sur les tramways de Lille. Elle ne comporte pas d'impériale, mais seulement des places d'intérieur et de plate-forme. La partie centrale de la poutre armée, c'est-à-dire celle qui se trouve comprise entre les points où les arbalétriers quittent le longeron supérieur, est fermée au moyen de glaces et de panneaux en teak qui constituent une caisse d'intérieur pouvant contenir 12 personnes; les terrasses peuvent en recevoir 18 : soit 30 en tout. Au lieu du frein Stephenson, M. Morel-Thibaut a employé ici le frein Stillman, légèrement modifié pour l'accommoder au type de la voiture. L'entrée et la sortie se font aux extrémités et dans le sens de l'axe. Les portes des terrasses, lorsqu'elles sont ouvertes, viennent s'appliquer contre la partie du tablier qui forme le prolongement des panneaux de la caisse. Leurs parties supérieures servent alors comme mains courantes pour faciliter la montée et la descente des voyageurs. Les grandes surfaces de la tôle qui forme l'armature des parois de la voiture, loin de nuire à l'effet, lui donnent un singulier caractère de force et, tout en accusant bien nettement le système de construction, ne lui font rien perdre en élégance. On peut dire, au reste, que toutes les voitures sorties des ateliers de M. Morel-Thibaut réunissent à la fois ces trois qualités essentielles : solidité, élégance et confort.

Dans les cars qu'il construit actuellement, il a donné aux freins une disposition nouvelle qui permet de réduire notablement leurs poids, tout en s'assurant d'une action au moins aussi puissante sur les roues.

On trouve aussi en France beaucoup de voitures fournies par la Société anonyme métallurgique et charbonnière belge. Elles sont construites suivant un type spécial, breveté en 1875; on a pu en voir de beaux spécimens à l'Exposition de 1878. Les longerons, sont de véritables poutres en tôle, évidées et formant plaques de garde. Ils se prolongent jusque sous les plates-formes qui ont été augmentées considérablement sans que leur flexion se soit accusée d'une manière manifeste. Longues de 6m,90 entre les tabliers et larges de 2m,04, les voitures fermées sont portées par quatre roues, à centre en fer et bandages en acier Bessemer, dont les essieux sont distants de 2m,50

(1) Il ne pèse que 2300 kil., soit 41 kil. par voyageur, tandis que le poids mort minimum auquel on a pu arriver jusqu'à présent ne descend guère au-dessous de 55 kil.

d'axe en axe. Quoique cette dernière dimension soit de 1 mètre plus grande que celle des cars ordinaires, les voitures peuvent passer sans trop de fatigue dans des courbes de 12 à 15 mètres de rayon, grâce à un système particulier de boîtes à huile. Les parois sont garnies de grandes glaces fixées à demeure pour éviter le bruit désagréable que causent les trépidations des châssis mobiles. L'aérage se fait par le pavillon et les cloisons du fond de la caisse. Les panneaux sont en tôle mince comme dans les omnibus de Paris. Ces voitures, très-employées en Belgique et à l'étranger, sont en service à Lille, Marseille, Tours, Orléans, Versailles, Roubaix, etc.

Toutes les voitures dont nous venons de parler, ayant leurs essieux relativement fixes, ne peuvent être remises en état de départ à un terminus qu'à la condition de dételer les chevaux, d'enlever le timon ou le palonnier, et de tout reporter à l'extrémité du car qui formait la partie arrière et qui va devenir la partie avant dans la nouvelle course. On a cherché à obvier à cette difficulté, commune du reste à la plupart des remorqueurs ou machines pouvant faire la traction; le car réversible de Eades dont il a été parlé p. 223, donne une des solutions de la question; mais on conçoit qu'on obtiendrait le même résultat au moyen des triangles américains ou de plaques tournantes. Les triangles américains, sur lesquels nous ne nous étendrons pas, sont une solution acceptable, surtout pour les machines qui peuvent aisément marcher dans les deux sens; mais ils conviennent moins pour les chevaux, parce que la branche curviligne, intermédiaire entre la voie d'arrivée et celle de départ (ces deux voies peuvent n'en former qu'une quand on fait le service en navette), doit être parcourue à reculons. Ces triangles exigent en outre un espace considérable dont on ne peut disposer que dans des cas exceptionnels et qui en rend l'usage très-restreint dans les villes.

L'idée qui vient tout naturellement à l'esprit, c'est de recourir à une disposition analogue à celle des plaques tournantes des chemins de fer. On ne peut évidemment songer à appliquer purement et simplement le type en usage sur nos grandes lignes, parce que le plancher qui recouvre les plaques serait constamment hors de service s'il était en bois; ou bien, s'il se composait de plaques de fonte, parce qu'il deviendrait bien vite très-glissant et donnerait lieu à de graves accidents pour les chevaux.

MM. Delettrez ont trouvé le moyen de réaliser les avantages que présentent les plaques tout en satisfaisant aux exigences qu'impose leur présence sur les chaussées. Les *fig.* 1 et 2 de la Pl. XX représentent les dispositions qu'ils ont adoptées. Leur plaque se compose d'une partie cylindrique mobile en fonte, fermée à sa partie inférieure et recouverte à sa partie supérieure d'un pavage complet en pavés de grès, de bois ou de briques minéralisées, au milieu duquel sont fixés les rails. Ce système est placé dans une sorte de cuve en maçonnerie et fonte; il recouvre les galets et appareils de rotation sur lesquels il est destiné à se mouvoir; il ne reste de partie métallique apparente à la surface que les bords des deux cylindres concentriques et, bien entendu, les rails. Le pavage qui constitue la couverture de cette plaque fait disparaître à peu près toute chance d'accident pour les chevaux. Ce modèle,

qui est applicable pour le retournement des cars, des remorqueurs, et qui conviendrait même au petit matériel des chemins de fer sur routes, n'a que 2m,80 de diamètre. Il fonctionne également bien quand il est placé horizontalement ou quand il a une légère inclinaison. On peut donc l'établir en un point quelconque d'une chaussée sans être obligé d'en modifier le profil. Son emploi a été autorisé dans Paris, et l'on peut en voir sur la place Moncey un spécimen sur lequel on manœuvre chaque jour les cars et machines à air comprimé qui font le service de la ligne de la place Moncey à Saint-Denis.

On peut aussi employer les boucles, et on l'a fait dans certains cas; mais, quand le matériel a ses essieux invariables, comme c'est ce qui a lieu le plus généralement, il faut pouvoir disposer d'un espace d'au moins 50 à 60 mètres pour n'avoir pas de rayons de courbure trop petits. Il est bien rare qu'on ait de pareilles étendues à sa disposition, surtout dans les villes.

Ces dimensions peuvent être considérablement réduites quand les essieux ne sont pas invariablement fixés l'un par rapport à l'autre : c'est précisément ce qui existe pour le matériel de la Compagnie des Omnibus, où l'avant-train est mobile. Il est facile, pour ces cars, d'obtenir le retournement dans un espace assez restreint au moyen d'une sorte de raquette fort ingénieusement disposée, et dont il existe plusieurs modèles à Paris. On peut en voir notamment près du Louvre, au Jardin des plantes, etc. Les dimensions de ces raquettes se déterminent exactement au moyen de l'espacement des essieux et de l'angle qu'ils peuvent prendre l'un par rapport à l'autre. Le principe de la solution consiste à faire parcourir aux deux paires de roues deux circonférences concentriques différentes dans la partie courbe, pour les ramener ensuite toutes sur la voie de retour. Sans entrer ici dans la description détaillée de ce système, nous nous bornerons à dire que les rayons des courbes intérieures ont respectivement 6m,666 et 7m,046, et par suite ceux des courbes extérieures 8m,106 et 8m,486. Nous ajouterons que le passage dans les raquettes ne se fait pas aussi simplement qu'on pourrait le croire : il faut non-seulement des cochers habiles, mais encore des chevaux bien dressés et qui aient l'habitude de la manœuvre; la réussite doit être attribuée au moins autant à eux qu'à l'adresse des cochers.

Il est évident que toutes ces manœuvres seraient bien plus simples et que le passage dans les courbes serait aussi bien plus commode si les essieux pouvaient prendre un certain déplacement l'un par rapport à l'autre. En admettant qu'on ait satisfait à cette première condition, il faudrait encore que les deux roues qui tournent sur un même essieu pussent rouler d'une manière indépendante l'une de l'autre; cette dernière condition est absolument nécessaire, puisqu'en courbe les longueurs à parcourir par les deux roues pendant le même temps sont essentiellement differentes.

Pendant longtemps, on s'est peu préoccupé de satisfaire à ce double désidératum. On pensait que le jeu laissé aux fusées dans les boîtes à huile suffirait à tout; mais on a bien vite reconnu que le résultat attendu n'était pas obtenu, et qu'en maintenant cette situation on se trouvait conduit à donner aux courbes de la voie des rayons inadmissibles. Les constructeurs se sont

alors ingéniés à trouver les moyens de remédier à ces inconvénients. Les uns, comme MM. Delettrez, ont adopté une solution analogue à celle des chemins de fer; ils comptent sur le jeu laissé entre les boîtes à huile et les plaques de garde. Les autres, à l'exemple de la Société charbonnière belge, ont employé les boîtes à huile dites radiales : c'est une disposition plus ou moins imitée de celle qu'on trouve sur certaines locomotives; les parois latérales des boîtes sont inclinées par rapport aux longerons. Dans les parties de voie en ligne droite, le parallélisme des essieux est assuré par la disposition des brides des ressorts; ceux-ci sont en lames d'acier; ils sont fixés à demeure sur les longerons en dessous des boîtes M. Morel-Thibaut laisse un jeu assez grand entre les boîtes à huile et les plaques de garde, et interpose dans ce vide des lames d'acier formant ressorts, qui cèdent au moment du passage en courbe et ramènent les essieux au parallélisme quand les cars reviennent en voie droite. En outre les ressorts sont susceptibles d'un léger mouvement de rotation autour de leur centre. Nous ne rappelons que pour mémoire la solution adoptée par la Compagnie des Omnibus.

Tous les moyens que nous venons de passer sommairement en revue ne sont que des palliatifs. Aucun d'eux ne donne rien d'aussi satisfaisant que le système de M. Cleminson dont on a parlé plus haut (p. 212 et suiv.). Pour arriver à quelque chose de parfait, il faut évidemment, en premier lieu, que les essieux puissent se diriger automatiquement suivant la direction des rayons de la courbe à franchir. M. Cleminson obtient ce résultat au moyen de trois essieux. Un ingénieur français, M. Dathis, y arrive d'une manière plus satisfaisante au moyen de deux seulement. Son système, qu'il a fait breveter et qu'il croit nouveau, a la plus grande ressemblance avec celui que M. Arnoux avait autrefois proposé en premier lieu pour le matériel des chemins de fer. M. Dathis remarque (et il est bien facile de s'en rendre compte) que, dans tous les véhicules où l'avant-train est mobile et où l'essieu d'arrière est fixé à la caisse, le mouvement de roulement en courbe ne s'opère nullement d'après le parcours du moteur; il en résulte que les roues ne suivent pas le même frayé; que si, par exemple, on veut reculer une voiture quand la flèche est dirigée perpendiculairement à l'axe du châssis, on arrive presque toujours à la faire verser, etc. Le matériel construit à la manière des voitures ordinaires, comme les cars des omnibus, éprouvera toujours une résistance au passage en courbe et une certaine tendance au déraillement; cet effet s'accentuera encore davantage quand les cars seront animés d'une certaine vitesse donnant naissance à des effets plus marqués de la force centrifuge.

Il est évident que tout cela disparaîtrait si les essieux, mobiles tous les deux, pouvaient s'incliner en même temps et du même angle de chaque côté de la perpendiculaire à l'axe du véhicule. Ceci posé, voici le principe de la solution de M. Dathis :

La flèche ou tige de traction, au lieu de faire corps avec l'avant-train, en est indépendante et pivote autour du point C, *fig.* 150; elle prend, par exemple, la position BC parallèle à la tangente à la courbe moyenne A. Elle est munie

en C d'une poulie de commande qui en actionne une autre D, placée sur l'essieu ou train d'avant. La transmission du mouvement s'effectue au moyen de courroies métalliques E ou de chaînes et bielles reliant entre eux les deux disques C et D, à chacun desquels elles sont attachées.

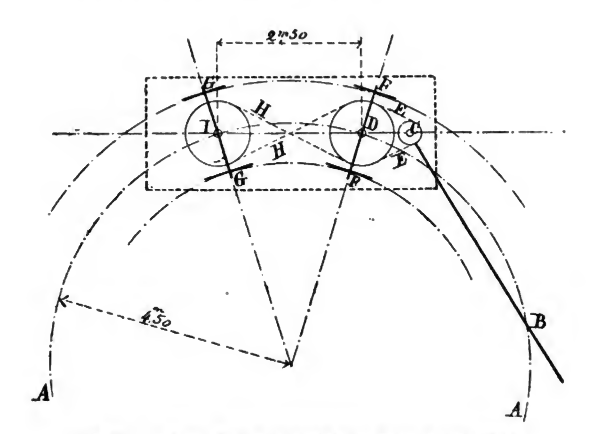



Fig. 150. — Système Dathis pour le passage en courbe des cars de tramways.

Les diamètres de ces disques ou poulies sont proportionnés aux angle inégaux que doivent faire la flèche BC et l'essieu d'avant pour conserver leurs positions respectives, l'une parallèle à la tangente, l'autre normale à la courbe.

Pour donner à l'essieu d'arrière GG la position correspondante, on le monte sur un train mobile égal et pareil à celui d'avant ; on le fait actionner par ce dernier au moyen d'une transmission semblable à celle qu'on vient de décrire plus haut ; on a soin toutefois de croiser les courroies ou chaînes H, de manière que la poulie d'avant C, de diamètre égal à celle d'arrière I actionne cette dernière en sens inverse, comme cela est nécessaire.

La traction se trouvant ainsi reliée et combinée avec les déplacements des essieux, de manière à leur servir de régulateur, toute déviation de la flèche se traduira par une déviation correspondante des essieux F et G et forcera ces derniers à prendre et à conserver leur position normale à la courbe à franchir. On a ainsi un véhicule dont les roues peuvent s'inscrire presque mathématiquement dans la courbe ; il n'y a que peu ou pas d'effort perdu parce que la traction, opérée dans le sens de la courbe, donnera son maximum de puissance, et que les essieux, maintenus suivant des normales n'opposeront aucune résistance inutile au roulement. En donnant aux

centres de pivotement des essieux un écartement de 2$^{m}$,50, un véhicule construit suivant ce système tourne sans difficulté dans des courbes de 3 et 4 mètres de rayon.

Un châssis de car, établi comme nous venons de l'indiquer, a été essayé sur les Tramways-Sud en présence de M. l'inspecteur général Rousselle, alors chargé du contrôle des tramways du département de la Seine. Il a été constaté qu'il remplissait toutes les conditions du programme de l'inventeur; le passage dans les courbes était d'une douceur exceptionnelle. Le seul reproche que lui ait adressé la Compagnie et qui en ait fait retarder l'adoption, c'est qu'elle a craint que le parallélisme des essieux, à cause de leur mobilité relative, ne se maintînt pas dans les parcours en ligne droite. Il serait facile de remédier à cet inconvénient, s'il était bien constaté, en employant, comme dans les cars des omnibus, un verrou manœuvré par le cocher pour fixer les essieux d'une manière invariable et les rendre libres à volonté.

Il serait, dans tous les cas, désirable que ce système fût l'objet d'expériences sérieuses et suivies pour connaître exactement sa valeur et les services qu'il peut rendre.

Le passage dans les courbes exige, comme conséquence rationnelle, que les deux roues d'un même essieu se meuvent indépendamment l'une de l'autre. La plupart des constructeurs ont satisfait à cette obligation en rendant l'une des roues folle sur l'essieu, à la manière des roues des voitures ordinaires. Mais l'usure qui se produit en ce point est telle que roues et essieux sont rapidement hors de service. M. Dathis a fait disparaître ces inconvénients en inventant son essieu compensateur. La *fig.* 151 en donne le

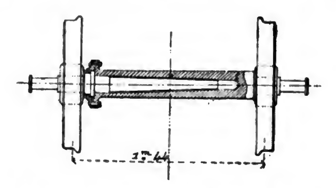



Fig. 151. — Essieu compensateur, Système Dathis.

dessin; le jeu et la disposition s'en comprennent aisément sans explication.

D'après le rapide exposé qui précède, on voit que si la France, au début des tramways, a été tributaire de l'étranger pour les cars, elle n'a été longtemps à devenir à son tour maîtresse en ce genre d'industrie, et nos constructeurs fabriquent au moins autant pour les autres pays que pour le nôtre. Les deux questions assez délicates du maintien du niveau des plates-formes et du passage facile en courbe ont reçu des solutions qui sont tout au moins satisfaisantes, si elles ne sont pas définitives. La dernière question mérite toutefois d'attirer encore l'attention des constructeurs; bien traitée, elle amènerait à elle seule une diminution considérable dans les frais de trac-

tion et d'entretien; elle permettrait d'avoir des véhicules beaucoup plus grands, et par suite de pouvoir se dispenser de l'emploi de l'impériale; elle donnerait enfin aux compagnies la possibilité de réaliser de sérieuses économies, qu'elles cherchent vainement par d'autres voies.

## TRACTION MÉCANIQUE.

Dans la première période d'exploitation des tramways, la traction s'est faite en France comme ailleurs, au moyen de chevaux. Mais la tendance la plus manifeste de notre temps, est sans contredit la substitution des moteurs inanimés à la force des hommes ou des animaux, partout où elle peut se faire avec quelque avantage; les tramways offrant un vaste champ aux applications mécaniques, il est tout naturel que les constructeurs aient cherché, pour ainsi dire dès le principe, à remplacer les chevaux par des machines faisant la traction d'une manière aussi parfaite, tout en permettant de réaliser des économies sur ce chapitre important des dépenses d'exploitation. Nous n'avons pas besoin d'insister sur l'immense intérêt que présente ce problème et nous aurons tout dit quand nous aurons ajouté que l'Académie des Sciences a proposé comme sujet de concours, pour le prix Fourneyron en 1880, la recherche d'un moteur propre à opérer la traction sur les tramways.

Dans la cinquième partie de son ouvrage, M. Clark a donné la nomenclature à peu près complète de toutes les machines projetées, construites ou employées jusqu'à présent. Nous n'avons pas l'intention d'y revenir; nous voulons seulement parler des moteurs qui ont été plus spécialement essayés en France, qui y ont fait ou y font encore un service journalier, et sur le fonctionnement desquels on a des données plus précises que les aperçus plus ou moins nuageux fournis par leurs inventeurs. Ajoutons qu'avant leur mise en fonctionnement ils ont été soumis à de nombreuses épreuves devant une Commission spéciale nommée et présidée par M. le Ministre des Travaux Publics, et que leur emploi n'a été *toléré* que sur le vu des conclusions favorables de cette Commission.

Mais avant d'entrer dans la description des types peu nombreux employés jusqu'ici chez nous, nous croyons devoir en quelques mots revenir sur les principes qui doivent guider dans leur construction et indiquer les conditions précises auxquelles ils doivent satisfaire.

A l'exemple de M. Mallet, dans le remarquable travail qu'il a lu à la Société des ingénieurs civils de Londres, nous diviserons ces conditions en deux catégories : celles qui s'imposent d'une manière absolue; et celles qui sans être rigoureusement indispensables doivent cependant être recherchées, au moins dans le commencement, pour faciliter l'acclimatation des machines sur nos voies publiques.

Les conditions de la première classe, conditions rigoureuses, sont les suivantes :

(A) Une machine de tramway doit pouvoir être arrêtée à coup sûr dans un espace très-court, et être remise en marche avec la plus grande facilité.

(B) Elle doit pouvoir passer dans des courbes de faible rayon, afin d'être applicable aux voies des villes où le tracé est le plus souvent imposé par la disposition des lieux.

(C) Elle doit avoir une élasticité de puissance telle que les efforts de traction puissent varier dans des limites très-étendues, pour remonter les pentes quelquefois considérables, traîner des charges très-variables et vaincre la résistance au départ qui est souvent énorme.

(D) Elle doit offrir toute sécurité tant pour les voyageurs que les passants.

(E) Elle doit enfin présenter des dimensions modérées n'excédant pas en largeur celles des cars; et ne pas avoir de caractères ou de manifestations. extérieures capables d'effrayer les animaux attelés aux voitures ordinaires.

Les conditions secondaires peuvent se ramener aux suivantes :

(F) Les machines ne devront émettre ni vapeur, ni fumée, ni eau, ni cendres ou escarbilles.

(G) Elles ne devront pas renfermer de corps liquide ou gazeux à une haute température, pouvant en cas de rupture, de choc ou de renversement des véhicules, brûler ou blesser les voyageurs ou les passants.

(H) Leur personnel ne sera pas plus considérable que celui qui est nécessaire pour conduire les chevaux.

(I) La machine devra pouvoir reculer à volonté; cette dernière condition est aussi utile pour faciliter les manœuvres aux dépôts et terminus que pour prévenir les accidents en marche.

Enfin, comme condition essentielle et sans laquelle la machine n'a pas sa raison d'être, il faut que son emploi permette de réaliser une économie sur les frais de traction.

En présence d'exigences aussi nombreuses, de conditions aussi difficiles à remplir d'une manière parfaite, beaucoup de personnes se demanderont certainement s'il ne serait pas plus sage de s'en tenir à la traction par les chevaux qui ne présente aucun des inconvénients que les machines doivent avant tout chercher à éviter. La réponse est assez simple; c'est que les chevaux possèdent eux aussi une série d'inconvénients qui, à la vérité, ne sont pas de la même nature que ceux des machines, mais qui sont bien aussi sérieux et surtout contre lesquels toute l'industrie de l'homme ne peut souvent rien.

Les chevaux coûtent cher, leur prix tend toujours à augmenter et leur durée est assez courte. Il est maintenant établi qu'un cheval de tramway ne peut pas en moyenne faire un service effectif de plus de quatre à cinq ans. Passé ce temps, un animal acheté en moyenne de 1 000 à 1 200 fr., ne peut guère se revendre plus de 400 fr. C'est donc une perte d'au moins 700 à 800 fr., à répartir sur une durée maxima de cinq ans, soit 140 à 160 fr. par an. Il faut en outre tenir compte des accidents dont le pourcentage est assez élevé. Il y a enfin à craindre les épidémies qui peuvent d'un seul coup ravager toutes les écuries d'un dépôt et faire éprouver aussi des pertes énormes à une compagnie.

La nourriture des chevaux coûte cher; elle est essentiellement variable d'une année à l'autre, comme prix et comme qualité intrinsèque; et cela par suite de circonstances étrangères à la volonté de l'homme et en dehors de toute prévision.

Si le trafic varie suivant les saisons, ce qui se produit pour beaucoup de villes de province, il faut garder quand même à l'écurie des chevaux qui ne travaillent pas et qui cependant mangent de la même façon. Si les voies à parcourir présentent de fortes rampes, il faut y employer des chevaux de renfort, et toutes les compagnies savent que ce surcroît de dépenses leur profite fort peu, à cause de la mauvaise utilisation du travail dans ces conditions.

Enfin il faut pour loger les chevaux et leur nourriture un emplacement et des bâtiments bien plus considérables que pour les machines.

On voit d'après cet exposé que les chevaux, malgré la simplicité de leur emploi pour la traction, ne laissent pas que de donner lieu à des difficultés bien grandes. Il est évident que, dans des cas déterminés, la somme des avantages qu'ils présentent, pourra l'emporter sur les inconvénients et qu'il sera plus sage de recourir à leur service qu'à celui des machines. On peut dire cependant que si ces dernières étaient susceptibles de donner en exploitation régulière des résultats aussi satisfaisants que ceux qu'on constate dans les expériences qui précèdent toujours leur adoption, la question serait le plus souvent tranchée en leur faveur. En admettant même que le prix de revient kilométrique de la traction fût le même pour elles que pour les chevaux, il y aurait encore avantage à les employer, parce qu'on peut presque toujours à un moment donné leur demander un service plus considérable que celui qu'on peut tirer d'un attelage ordinaire. Ainsi les machines Brown qui fonctionnent sur la ligne de l'Étoile à Courbevoie ne traînent en temps ordinaire qu'un seul car à impériale. Mais les dimanches et jours de fêtes on leur en fait remorquer deux, sans augmentation sensible de dépense. On conçoit qu'on puisse profiter du même avantage à certaines heures de la journée où le trafic est plus important et réaliser par ce fait une économie très-notable, tout en rendant le service plus facile. Au reste, dans toutes les machines construites d'une manière sérieuse, l'effort qu'on peut leur faire développer à un moment donné doit être infiniment supérieur à celui qu'on leur demande en service ordinaire; car elles doivent être en état de surmonter toutes les résistances accidentelles qu'elles peuvent rencontrer sur la voie.

Les moteurs mécaniques qui ont été l'objet d'essais sérieux et continués en France, sont la locomotive de MM. Merryweather et Fils, la locomotive Brown, la machine à eau chaude perfectionnée par M. Léon Francq, enfin les machines à air comprimé de M. Mekarski. On a bien mis en expérience d'autres types mus par la vapeur produite directement; mais les résultats de leur fonctionnement sont encore trop peu connus pour que nous en parlions ici.

## Machine Merryweather.

Après tout ce qui a été dit sur cette machine dans la cinquième partie de cet ouvrage, il semble que nous n'aurions qu'à la mentionner purement et simplement, et à renvoyer aux différents articles où il en est question. Nous n'avons certes pas l'intention d'en faire la description à nouveau ; mais il est quelques points d'expérience pratique sur lesquels nous croyons devoir attirer l'attention.

Dans l'exposition donnée à la page 278, il est établi que les machines employées à Paris ne consommaient que 1k,55 de coke par kilomètre parcouru. Ce chiffre obtenu par des considérations théoriques, et auquel on est peut-être arrivé dans les essais en Angleterre, a toujours été dépassé en France. Dans les expériences faites sur la ligne de Courbevoie à l'Étoile, la consommation était de 4k,3 de coke par kilomètre. Sur le réseau Sud, les machines en service journalier brûlaient près de 5 kil. de ce même combustible.

Leur poids relativement réduit est une de leurs qualités; mais il a été cause de quelques mécomptes dans l'exploitation. Les machines n° 2 n'ont pu remorquer deux cars que dans des circonstances exceptionnellement favorables. L'une d'elles a même eu toutes les peines du monde à traîner en palier une autre machine restée en détresse avec le car qui la suivait. L'inventeur a du reste reconnu depuis que ce n'est pas la force, mais bien l'adhérence qui manquait à ces remorqueurs. Il a, paraît-il, imaginé d'autres dispositions pour remédier à ce défaut; mais l'expérience n'en a pas été faite à Paris.

L'appareil auto-absorbant pour la vapeur d'émission décrit, p. 280, n'existait pas sur les machines du réseau des Tramways-Sud. La vapeur était tout simplement projetée dans le foyer où elle se surchauffait. On espérait ainsi qu'elle sortirait invisible. Ces prévisions ne se sont pas réalisées.

Quand l'atmosphère était légèrement froide ou contenait une certaine quantité d'humidité, la vapeur surchauffée apparaissait au haut de la cheminée sous forme de fumée blanche ou de brouillard. Enfin le bruit de l'échappement était assez perceptible pour effrayer quelquefois les chevaux.

Malgré ces inconvénients auxquels on pourrait aisément remédier, il faut constater que ces machines ont fait un bon service. Les dépenses d'entretien n'ont pas été indiquées par M. Harding. Mais d'après les renseignements qu'on nous a fournis, elles ont dû être considérables. Les ruptures d'essieux et surtout les fuites dans les chaudières étaient extrêmement fréquentes ; leur cause n'a pas été bien déterminée. Tenaient-elles à une construction faite un peu à la légère? provenaient-elles des imperfections de la voie, du manque d'éclissage des rails ? Tout cela est fort probable. Le service, pour être régulier, exigeait en tous cas une réserve considérable qui ne montait pas à moins de 50 p. 100 du nombre des machines en service.

La traction par des machines sur le réseau Sud a cessé dans le courant de

1878, par suite d'un manque d'entente entre la Compagnie et M. Harding, qui s'était fait l'entrepreneur de la traction. Quoiqu'on ait annoncé que l'emploi de ces remorqueurs procurait une économie de 50 p. 100 sur les frais ordinaires avec les chevaux, que M. Harding lui-même ait prétendu réaliser des bénéfices, il est peu probable qu'il en ait été ainsi. Car dans l'état où en sont ses affaires, la Compagnie avait un bien trop grand intérêt à diminuer ses frais, pour ne pas conclure un nouveau marché avec M. Harding, si ce dernier lui avait demandé moins cher que le prix de revient de la traction par les chevaux.

## Machine Brown.

M. Brown, l'inventeur du car à vapeur décrit à la p. 290 et suiv., a fait construire par la Société de Winterthur un remorqueur pour cars de tramways qui porte le nom de machine Brown ou machine de Winterthur. Cette locomotive est représentée par les dessins de la Pl. XXI. Employée d'abord sur les tramways de Genève, elle a été successivement mise en service à Milan, Strasbourg et finalement à Paris, sur le Réseau-Nord, où elle fait depuis plus d'une année le trajet entre la place de l'Étoile et Courbevoie. Elle présente des particularités sur lesquelles nous croyons utile d'insister.

Les plus intéressantes sont la forme de la chaudière, la disposition du mécanisme de transmission et le système de suspension.

Construite en tôle d'acier pour résister à une pression de 15 atmosphères, la chaudière se compose d'un corps cylindrique horizontal et d'une partie verticale. On a mis en pratique ici les idées de M. Todd, en donnant un très-grand espace à l'eau et à la vapeur. La partie horizontale est construite à la manière des chaudières tubulaires ordinaires, mais elle est relativement courte. La partie verticale qui sert en même temps de dôme de vapeur contient la majeure partie de l'eau. On voit qu'en raison de cette disposition, le niveau peut y varier dans des limites considérables sans inconvénients pour le service, sans craintes pour la sécurité et sans qu'on soit obligé de recourir à une alimentation fréquente. La grande masse d'eau contenue dans cette chaudière peut aussi être utilisée à un moment donné comme accumulateur de chaleur, et augmenter en cas de besoin le travail nécessaire. Dans les conditions normales, elle est de 600 litres et l'alimentation n'a besoin d'être faite qu'à des intervalles de une heure et demie à deux heures. Le foyer est lui-même fort grand et le renouvellement du combustible peut n'avoir lieu qu'en même temps que celui de l'eau. Cette disposition est avantageuse. Avec un foyer et une chaudière qui peuvent prendre soin d'eux-mêmes pendant un espace de temps aussi long, le mécanicien est débarrassé de la surveillance incessante qui est nécessaire dans les autres machines où l'on produit et employe directement la vapeur ; il peut ainsi donner toute son attention à la marche et à la conduite du train.

La grille inclinée, avec un appareil fumivore, est munie d'un jette-feu ; elle peut, par ce moyen, être déchargée instantanément et nettoyée en peu de temps, sans salir la machine. La surface totale de chauffe est d'environ 9 mètres carrés. La cheminée est à double enveloppe; le tuyau d'échappement est pourvu d'une soupape automatique qui règle le tirage suivant le travail de la machine et qui dispense du souffleur et de son bruit désagréable pendant les temps d'arrêts. Cette soupape empêche les cendres, la suie et même l'air chaud d'être aspirés dans les cylindres quand on veut changer le sens de la marche; elle permet d'employer au besoin la contre-vapeur pour aider à l'arrêt de la machine. Toute la chaudière est entourée d'une double chemise isolante qui empêche la déperdition de la chaleur. Les cylindres et l'appareil de distribution de la vapeur sont placés au-dessus de la plate-forme où se tient le mécanicien.

Cet arrangement a un double avantage : l'inspection et l'entretien de ces pièces importantes deviennent ainsi très faciles et on peut éviter par là une usure rapide et bien des réparations.

Les cylindres et tout le mécanisme sont en outre protégés contre tout accident; ils ne sont plus exposés à la poussière et à la boue des rues, qui amènent bien vite le rodage et l'usure des tiges et des pistons et ont pour conséquences des fuites nombreuses. La transmission du mouvement des pistons aux roues s'opère au moyen d'un balancier vertical, qui a permis de relever les cylindres, de produire un équilibre des parties animées d'un mouvement alternatif, d'éviter l'emploi de contrepoids sur les roues et de supprimer le mouvement de galop que prennent souvent les machines de ce genre. C'est là une des particularités essentielles de ce remorqueur. Les boîtes des tiroirs sont placées au-dessous des cylindres; de cette manière, l'eau de condensation peut sortir à chaque course de piston sans l'emploi de robinets purgeurs. La vapeur d'échappement est envoyée dans une caisse rectangulaire située vers l'avant de la machine; elle s'y condense partiellement. Cette disposition empêche qu'on entende le bruit de l'échappement; la machine ne crache plus par la cheminée et ne jette plus sur les voyageurs une eau noirâtre qui tache tout ce qu'elle rencontre.

Elle est suspendue sur ressorts à spirales et en trois points seulement, — deux pour l'essieu d'arrière et un seul pour l'essieu d'avant. — Ce dernier se trouve ainsi articulé à sa partie centrale; il peut se prêter à suivre les petites dénivellations de la voie, de telle sorte que tout le poids se reporte toujours sur quatre points qui peuvent très bien n'être pas tous les quatre dans le même plan. Cette innovation donne à la machine une allure très douce et exempte d'oscillations, même à d'assez grandes vitesses. Les boîtes à graisses ou porte-coussinets des essieux sont reliées par des traverses dont le but est d'assurer une répartition toujours égale de la charge et d'éviter l'usure rapide des coussinets. Les quatre roues sont couplées deux à deux pour augmenter l'adhérence.

La distribution de la vapeur s'opère sans coulisse ni excentrique, à l'aide d'un système spécial de l'invention de M. Brown, et auquel ce constructeur

attribue des propriétés particulièrement avantageuses, quoiqu'il exige l'emploi d'un assez grand nombre d'axes. L'ouverture de l'admission de la vapeur se fait sans aucun effort de la part du mécanicien, grâce à un système très simple de soupapes équilibrées. Le départ s'effectue avec une grande douceur et un frein très énergique permet d'obtenir un arrêt sur une très courte longueur.

Un seul homme peut suffire à la conduite de ces machines. Elles portent à chacune de leurs extrémités une plate-forme qui est munie de leviers de commande pour le changement de marche, le régulateur et les freins. Le mécanicien est toujours en tête de sa machine, qui marche indistinctement dans les deux sens; comme il se trouve ainsi à l'avant du train et qu'il n'a absolument à se préoccuper que de la manœuvre, il est dans les meilleures conditions possibles pour surveiller la voie et éviter les collisions avec les autres véhicules qui la traversent.

Au lieu d'être enfermée dans une cage absolument close, la machine est entourée d'un tablier en tôle qui descend jusqu'à $0^m,15$ de terre et monte assez haut pour cacher le mécanisme; mais qui laisse au mécanicien et au conducteur une vue libre sur la voie et permet une communication facile entre eux. Grâce à cette disposition qui permet au conducteur de remplacer le mécanicien en cas d'accident, on a pu se contenter à Strasbourg d'un seul homme pour la conduite de la machine. Par une prudence qu'on ne saurait blâmer, on en exige deux à Paris.

L'accouplement de la locomotive aux voitures se fait d'une manière simple et très expéditive au moyen d'un attelage à ressort; cet attelage fonctionne dans les deux sens, soit pour la traction soit pour le tamponnement; il est articulé au moyen de joints universels de telle manière que le train peut passer dans les courbes du plus petit rayon sans qu'il y ait de chocs entre la machine et la voiture.

La locomotive de Winterthur gravit, à Genève, des rampes de $0^m,055$ et passe dans ces courbes de 20 mètres et même dans une de 13 mètres au sortir du dépôt. Sur la ligne de l'Étoile à Courbevoie qui comporte des pentes de $0^m,020$, elle remorque, les dimanches et jours de fête, deux voitures à impériales contenant chacune 50 personnes.

MM. Corpet et Bourdon, ingénieurs-constructeurs, qui sont en France les concessionnaires des brevets de la Société de Winterthur, construisent deux types différents de ces machines dont voici les éléments principaux.

| | MACHINE N° 1. | MACHINE N° 2. |
|---|---|---|
| Poids à vide. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 6 300k | 5 000k |
| — en charge. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 7 600k | 6 000k |
| Contenance d'eau dans la chaudière. . . . . . . . . . . . | 630lit | 600lit |
| — dans le réservoir. . . . . . . . . . . . | 500lit | 500lit |
| Combustible. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 200k | 180k |
| Diamètre des roues. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0m,680 | 0m,600 |
| Longueur extrême. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 3 ,600 | 3 ,550 |
| Largeur. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 ,920 | 1 ,920 |
| Hauteur. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 3 ,200 | 3 ,150 |
| Empattement des roues. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 ,500 | 1 ,500 |
| Pression maxima par centimètre carré. . . . . . . . . . | 15k | 15k |

Ajoutons que pour la machine n° 2, dont la planche XXI donne les dessins, le diamètre des cylindres est de 0m,140 et leur course de 0m,300.

D'après les renseignements que nous a fournis M. Bourdon, les machines de Strasbourg consomment 1k,75 de coke par kilomètre parcouru et celles de Paris 2k,25. Les prix respectifs des machines n° 1 et n° 2 sont de 18,000 francs et de 14,000 francs.

Les frais d'entretien sont estimés comme il suit par les constructeurs :

FRAIS D'ENTRETIEN POUR UNE JOURNÉE DE 16 HEURES.

| | MACHINE N° 1. | MACHINE N° 2. |
|---|---|---|
| | fr. | fr. |
| Amortissement et intérêts. . . . . . . . . . . . . . . . | 8,00 | 6,00 |
| Réparations. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 4,00 | 3,50 |
| Deux hommes (pour 16 heures) à 5 fr.. . . . . . . . . . . | 10,00 | 10,00 |
| Combustible, 180 et 140 kil. de coke à 3 fr. les 100 kil. | 5,40 | 4,20 |
| Huile, graissage et bourrage. . . . . . . . . . . . . . . | 4,00 | 3,00 |
| Total par jour. . . . . . . . | 31,40 | 26,70 |

Nous ne donnons ces chiffres que sous toutes réserves et en faisant connaître leur provenance. C'est surtout sur ceux de la consommation en coke que le doute peut porter. En admettant la dépense kilométrique en combustible que nous a indiquée M. Bourdon, et en supposant un parcours journalier de 100 kilomètres, ce qui s'accorde avec la longueur fournie par les cars de la Compagnie des Omnibus, il faudrait 225 kil. de coke pour le type n° 1 et 175 kil. pour le n° 2, soit une dépense journalière de ce chef de 6f.75 et 5f,25 respectivement, au lieu de 5f,40 et 4f,20; il faudrait aussi tenir compte de ce qui est brûlé pour l'allumage; on serait donc peut-être encore au-des-

sous de la vérité en estimant la dépense totale à 34 francs pour le type n° 1 et 29 francs pour le type n° 2, soit 0f,34 et 0f, 29 par kilomètre parcouru.

La traction par les machines Brown est faite à l'entreprise à Paris; il est par suite bien difficile de savoir exactement à quel chiffre elle se monte par kilomètre parcouru. Tout ce qu'on peut dire, c'est que ces locomotives remplissent d'une manière très satisfaisante toutes les conditions que nous énonçions en commençant. Après être sorties de la période des essais, elles sont maintenant en service régulier et la Compagnie des Tramways-Nord paraît n'avoir eu jusqu'ici qu'à se louer de leur emploi. On n'a pas à leur reprocher trop d'accidents causés par la frayeur qu'elles peuvent causer aux chevaux; il est vrai qu'elles ne fonctionnent que sur de très larges voies, peu encombrées. En serait-il de même dans les rues plus étroites et où la circulation est plus active? L'exemple de Genève et de Strasbourg semble décider la question dans le sens affirmatif. Avant de se prononcer pour l'intérieur de Paris, il serait bon d'avoir fait des expériences plus concluantes dans cette ville même; mais, dans tous les cas, la question n'est plus douteuse en ce qui concerne les portions du réseau suburbain.

## Machine à eau chaude de M. Léon Francq.

La seule machine à eau chaude qui ait été employée en France est celle du docteur Lamm, modifiée et perfectionnée par M. Léon Francq, et qui est plus généralement connue sous le nom de machine Francq. Cet ingénieur, qui en a été le propagateur en Europe et qui a obtenu des ayants-droit le privilége de son exploitation, lui a fait subir de très-notables perfectionnements. Nous n'avons pas à donner ici une théorie des machines à eau chaude. Ce qui en a été dit plus haut (Ve partie, chap. III) suffit pour qu'on puisse en bien comprendre le principe. Ceux de nos lecteurs qui désireraient une exposition plus complète et plus rigoureusement mathématique trouveront tous les détails et calculs nécessaires dans deux mémoires publiés dans les *Annales des Ponts et Chaussées*. L'un est de M. Piarron de Mondésir (1875, 2e semestre, p. 352); l'autre de M. Lavoinne (1878, 2e semestre, p. 261).

Les machines américaines à eau chaude, construites par le docteur Lamm ou ses imitateurs et dont il a été question plus haut, p. 228 et 262, laissent presque toutes à désirer sous le rapport de l'échappement. En outre elles ne permettent généralement pas de concilier la puissance de traction sur les rampes avec la facilité de circulation dans les courbes. Enfin comme la pression varie d'une manière continue pendant la marche, c'est-à-dire entre deux opérations successives de chargement, le mécanicien se trouve presque constamment obligé de manœuvrer le régulateur pour arriver à une vitesse uniforme sur tout le parcours que la machine doit fournir; et cette opération ne peut se faire qu'au détriment de la surveillance de la voie, surveillance déjà

fort difficile à cause de la position du conducteur à l'arrière du remorqueur.

La machine perfectionnée par M. Francq fait disparaître la majeure partie de ces inconvénients. On tolérerait difficilement en France l'envoi de la vapeur d'échappement dans l'atmosphère. Dans la traversée des rues des villes, elle ne manquerait pas d'amener les plus graves accidents, par suite de la frayeur que sa vue cause presque toujours aux chevaux. C'est le premier point sur lequel s'est portée l'attention. Au lieu d'envoyer directement la vapeur au dehors, M. Francq lui fait parcourir un condenseur de surface, où la condensation est à peu près complète. Il empêche de cette manière l'émission à l'extérieur, et en même temps le bruit de l'échappement n'est presque plus perceptible. Les essieux, au lieu d'être invariablement fixés au bâti de la machine, sont accouplés avec des articulations qui leur permettent un certain déplacement relatif. Enfin un détendeur automatique pour la vapeur donne la possibilité de régler d'avance et à volonté la pression de la vapeur à son entrée dans les cylindres. M. Francq a également porté remède à un défaut que présentent la plupart des machines américaines : la nécessité du retournement au bout de chaque parcours. Le remorqueur peut marcher indifféremment dans les deux sens, comme la locomotive Brown ; il porte à chaque extrémité une plate-forme où le mécanicien trouve à la portée de sa main tous les appareils nécessaires à la manœuvre.

La Pl. XXII donne tous les détails indispensables pour l'intelligence de la description de la machine. La *fig.* 1 est une coupe longitudinale suivant l'axe du réservoir. La *fig.* 2 comprend une demi-coupe suivant l'axe du condenseur et une demi-vue en bout du côté du détendeur. La *fig.* 3 donne une demi-coupe du dôme et du condenseur au-dessus du détendeur, et une demi-vue extérieure du mécanisme. Enfin les *fig.* 4, 5 et 6 se rapportent au détendeur. Nous devons tous ces dessins à l'obligeance de M. Francq.

Le but qu'on se propose dans toutes les machines de ce genre, c'est de supprimer le foyer des locomotives et d'utiliser la capacité calorifique de l'eau, en lui communiquant une quantité de chaleur telle qu'on puisse obtenir ultérieurement la production de la vapeur nécessaire au fonctionnement de la machine.

Le moyen pratique qu'on emploie pour y arriver consiste à faire passer dans l'eau contenue dans un réservoir un courant de vapeur à haute pression produite par un générateur fixe, et qui cède toute sa chaleur au fur et à mesure qu'elle se mélange à l'eau.

Il faut donc qu'on puisse disposer d'un réservoir capable de résister à de fortes pressions et que la vapeur puisse facilement et rapidement être introduite dans l'eau qu'il contient, de manière à en élever la température et à produire un certain état d'équilibre entre la pression de la vapeur dans le générateur fixe et celle dans le réservoir du remorqueur. La communication étant ensuite interrompue entre ces deux récipients, la machine se trouvera prête à partir, et la chaleur latente contenue dans l'eau ne tardera pas à en amener l'ébullition dès qu'on aura mis l'espace supérieur du réservoir en communication avec les cylindres.

Pour satisfaire à ces conditions, la locomotive à eau chaude se compose d'un réservoir cylindrique en tôle d'acier A surmonté d'un dôme A', et d'un mécanisme analogue à celui des locomotives ordinaires. Celui-ci comprend deux cylindres B, actionnant par les tiges de piston et les bielles C un essieu coudé D qui porte les deux premières roues motrices E. Ces roues sont reliées au moyen de bielles extérieures aux deux autres roues E', qui deviennent ainsi également motrices et sont montées sur un essieu droit ordinaire.

Tout ce mécanisme est placé à l'intérieur des longerons du châssis en tôle qui sert de base à tout le système. Ce châssis est entouré lui-même d'un tablier en tôle légère qui dissimule au dehors toutes les pièces en mouvement.

Le corps cylindrique A contient environ 1 800 litres d'eau froide au début. La vapeur qui doit l'échauffer arrive du générateur fixe par un tuyau *a* réuni au robinet valve G par un raccord fileté. Elle suit le tuyau $G_1$ qui traverse la masse d'eau et vient déboucher dans un branchement horizontal $G_2G_2$ placé près du fond. Ce dernier tube est fermé à ses deux bouts; mais il est percé à sa partie supérieure d'une série de petites ouvertures. En marche, l'orifice d'amenée en G est bouché par une vis à poignée.

La vapeur introduite dans $G_2G_2$ s'échappe par toutes les ouvertures, et, après un certain temps, amène l'eau dans les conditions de température et de pression requises. En service courant, la température est d'environ 200 degrés et la pression de 15 à 16 atmosphères. Un robinet permet d'extraire au besoin l'eau du réservoir.

La vapeur qui doit aller aux cylindres est puisée par un tube vertical *b* terminé à sa partie supérieure par une série de fentes parallèles et qui s'élève jusque dans le haut du dôme de vapeur; ce dernier présente à sa partie inférieure une plaque en tôle *k* percée de trous destinée à empêcher l'entraînement de l'eau. La vapeur passe de là, en H et H', dans le détendeur dont nous parlerons plus loin (la partie H n'est, à proprement parler, qu'un robinet à valve); elle s'engage ensuite dans un large tube I qui traverse le dôme et la masse du liquide chaud et vient aboutir en I' dans la boîte où se trouve un petit tiroir *c* qui constitue le régulateur ou l'appareil de mise en marche. Comme nous l'avons déjà dit plus haut, les organes de commande de cet appareil sont à l'extérieur et en double — un système sur chaque plate-forme.

Le détendeur (*fig.* 4, 5, 6) a pour organe essentiel et caractéristique un système de deux soupapes jumelles X et Y présentant une légère différence de diamètre, et montées sur une même tige terminée par un piston Z. Ce piston se meut dans un cylindre long et ouvert par le bas, où se trouve une garniture étanche. La vapeur venant de *b* arrive en *h* par la soupape ou robinet-valve H et passe dans le conduit *i* qui vient déboucher entre les deux soupapes. Celles-ci peuvent se mouvoir dans le coffre H', à la partie supérieure duquel se trouve l'orifice du tuyau I.

La tige du piston Z se rattache à un levier *l* articulé sur une oreillette venue à la base du cylindre où se meut le piston Z. A la partie supérieure

de H′ est attachée, sur une autre oreillette latérale, une boîte cylindrique L renfermant un ressort qui en fait une balance à vapeur analogue à celle qui commande les soupapes de sûreté des locomotives. Son extrémité inférieure se termine par une chape où s'engage le levier *l*, qui est lié au piston Z. En sorte que le ressort a pour effet de tendre à relever constamment tout le système, y compris les deux soupapes X et Y. On augmente ou l'on diminue à volonté l'action du ressort en déplaçant son point d'application sur le levier *l*; cet effet s'obtient au moyen de la bielle L′ attachée en *l′* à l'extrémité inférieure de L, et dont le mouvement est commandé par la manette M qui se déplace au-devant d'un secteur muni de crans d'arrêt.

Ceci posé, le fonctionnement du détendeur se comprend aisément. En ouvrant la soupape *h*, on permet l'entrée par le canal *i* de la vapeur à haute pression qui se répand dans la caisse H′ et finit par s'introduire dans le tuyau I. Mais la pression qui s'exerce en même temps sur le piston Z tend à le faire descendre; et si elle est supérieure à la tension du ressort L, le mouvement se produira de haut en bas, en même temps que les deux soupapes X et Y, venant s'appliquer sur leurs siéges, fermeront l'arrivée qui se faisait par *i*. La vapeur qui a passé dans I s'y détendra et sa pression diminuera. Aussitôt que la dépression sera suffisante, le ressort L exercera à nouveau son action, soulèvera les deux soupapes en permettant l'entrée d'une nouvelle quantité de vapeur à haute pression qui se détendra exactement comme précédemment. Le système des deux soupapes exécutera ainsi une série d'oscillations correspondant à peu près aux différentes phases du mouvement des pistons. On conçoit aisément que la pression de la vapeur détendue sera d'autant plus grande que l'action du ressort L sur le piston Z sera plus intense, et, comme on est libre de régler cette dernière à volonté, en déplaçant l'extrémité de L sur le levier *l* à l'aide de la manette M, on comprend qu'on pourra par ce moyen donner à la pression de la vapeur détendue tel degré d'intensité qu'on voudra, et l'on voit aussi que cette pression restera constante tant que celle de la vapeur dans le réservoir lui sera supérieure.

On a donné au tuyau I une section assez grande, et on lui fait traverser le dôme et l'eau chaude, afin d'éviter toute condensation en route. On a reconnu l'utilité de cette disposition et de l'élargissement des conduits d'introduction dans le détendeur à la suite d'expériences faites sur un premier appareil, où les étranglements de ces conduits et le refroidissement de la vapeur, avant de pénétrer dans les cylindres moteurs, donnaient lieu à des condensations considérables.

La distribution de la vapeur aux cylindres n'offre rien de particulier. Au sortir de ces derniers, elle passe d'abord dans une boîte B′ située entre eux et qui leur est commune; elle s'y détend et s'y condense partiellement; elle circule ensuite dans un conduit W, contourné pour épouser la forme du réservoir, et vient pénétrer dans un condenseur de surface K formé d'une série de tubes verticaux où circule l'air appelé de l'extérieur, qui pénètre par le bas de l'enveloppe et traverse les tubes de haut en bas. La vapeur, après s'être refroidie au contact de l'air, peut enfin sortir avec lui par une cheminée supé-

rieure O. L'eau de condensation et celle que produit la purge des cylindres viennent tomber dans une bâche J pourvue d'un robinet *r* qu'on peut manœuvrer de la plate-forme.

Les tubes du condenseur étaient primitivement horizontaux. On a dû les placer verticalement parce que, dans le premier cas, l'air les traversait difficilement et s'échauffait assez vite. La condensation était incomplète; il s'échappait beaucoup de vapeur au dehors, et le bruit de l'échappement avait une certaine intensité.

Les essieux sont accouplés de manière à permettre de franchir des courbes de petit rayon. Tout le mécanisme, le réservoir et les plates-formes reposent, par l'intermédiaire d'un double châssis, sur deux essieux susceptibles d'un certain déplacement relatif, tout en restant parallèles. Cette mobilité des essieux facilite beaucoup l'inscription des roues dans les ornières des rails, quand on passe en courbe; elle peut, dans bien des cas, prévenir des déraillements. Grâce à cette disposition, une locomotive pesant 8 tonnes peut circuler aisément dans des courbes de 13 mètres de rayon, avec une vitesse de 16 kilomètres à l'heure. Un frein à pédale installé sur chaque plate-forme permet un arrêt suffisamment rapide. On peut aussi se servir de la contre-vapeur, en renversant le sens de la marche.

La machine ne devant sa puissance qu'à la chaleur de l'eau emmagasinée dans le réservoir, on comprend qu'il est de la plus haute importance d'empêcher le refroidissement de ce dernier. A cet effet, il est enveloppé d'un douvelage en bois, d'une couverture en liége et enfin d'une chemise de tôle mince, laissant autour des deux premières garnitures un matelas d'air qui constitue une nouvelle couche isolante et prévient les déperditions par rayonnement. Le réservoir porte, en outre, des manomètres qui indiquent la pression de la vapeur dans le réservoir et dans les cylindres à l'admission; il est aussi muni de robinets indicateurs du niveau de l'eau.

L'attelage peut se faire par les deux bouts; il est obtenu au moyen de deux barres métalliques, P et Q, réunies par un ressort et qui se rattachent à une pièce R en forme de T fixée sur le châssis. La barre P se termine par une sorte de patin qui permet le refoulement et qui porte un trou vertical pour recevoir le boulon qui fixe sur lui le car à remorquer.

Les principaux éléments, qu'il est intéressant de connaître pour cette machine, sont donnés ci-après. Ce sont ceux qui se rapportent aux remorqueurs de la ligne de Rueil à Port-Marly.

| | |
|---|---|
| Poids de la machine vide. . . . . . . . . . . . . . . . . | $6\,780^{k}$ |
| — en service. . . . . . . . . . . . . . | $8\,745$ |
| Diamètre des pistons moteurs. . . . . . . . . . . . . . | $0^{m},230$ |
| Section. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | $0^{mc},0415$ |
| Course. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | $0^{m},250$ |
| Diamètre des roues. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0 ,750 |
| Timbre du réservoir à eau chaude. . . . . . . . . . . . | $15^{k}$ |
| Volume d'eau à utiliser. . . . . . . . . . . . . . . . . . | $1\,800^{lit}$ |
| Nombre de tubes du condenseur. . . . . . . . . . . . . | 603 |
| Diamètre extérieur de ces tubes. . . . . . . . . . . . . | $0^{m},025$ |

| | |
|---|---|
| Surface de refroidissement des tubes. . . . . . . . . . . | $34^{mq}$,96 |
| — par les parois du condenseur. | 2 ,67 |
| — totale. . . . . . . . . . . . . | 37 ,63 |
| Longueur totale de la locomotive. . . . . . . . . . . . | $3^{m}$,470 |
| Largeur totale. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 2 ,068 |
| Hauteur maxima. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 3 ,320 |

La machine fonctionnant avec une vitesse de 12 kilomètres à l'heure, la vitesse des roues est de 86 tours par minute.

En admettant une pression moyenne absolue de 5 atmosphères, avec admission pleine dans les cylindres, on arriverait à développer sur l'essieu moteur une puissance utile d'environ 16 chevaux.

M. Francq a employé sa machine au service de la ligne de Rueil à Port-Marly. Les chaudières fixes qui donnent la vapeur sont du type des générateurs tubulaires. Leur surface de chauffe est de $50^{mq}$,89; la surface de grille est de $0^{mq}$,93. Ils contiennent $2^{mc}$,845 d'eau et 2 mètres cubes de vapeur; l'un des générateurs est timbré à 16 kil. et l'autre à 17 kil.

Avec un seul générateur, la charge d'une machine dure de 17 à 18 minutes; on peut donc charger trois machines par heure, et, comme chacune d'elles marche facilement pendant deux heures avant d'être rechargée, un seul générateur peut faire le service de six machines, M. Francq a calculé, d'après les résultats de ses expériences, que dans un service plein et régulier, c'est-à-dire avec des générateurs toujours occupés au chargement, la dépense en charbon n'excède pas $2^{k}$,180 par kilomètre parcouru.

Des expériences faites en 1876 devant une sous-commission d'inspecteurs généraux et d'ingénieurs nommée par M. le Ministre des travaux publics ont fourni des résultats très satisfaisants. Dans un rapport lu à la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, dans la séance du 14 Juin 1878, M. l'ingénieur en chef Collignon a donné un aperçu comparatif des dépenses faites pour les locomotives Francq et les petites machines ordinaires à foyer en service simultané sur la ligne de Rueil à Port-Marly. Les chiffres qu'il indique sont extraits des feuilles mêmes de consommation des diverses machines. Il trouve ainsi que les locomotives à foyer brûlent par course complète, aller et retour (14 600 mètres) :

| | |
|---|---|
| Les locomotives à tubes verticaux, $77^{k}$,94 de gailleterie et de coke concassé, à 44 fr. la tonne. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | $3^{f}$,43 |
| Les locomotives à tubes horizontaux, 73 kil. au même prix. . . . . . . . . . | 3 ,21 |
| Le générateur fixe de Port-Marly, 50 kil. de charbon tout venant, à 30 fr. la tonne. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 ,50 |

Le générateur fixe entraîne donc une économie de plus de moitié sur les machines mobiles, et cette proportion augmenterait encore s'il était constamment occupé à charger les remorqueurs au lieu d'être sans rendre aucun service pendant des intervalles plus ou moins longs, tout en brûlant néanmoins du combustible. Le tableau suivant, que nous extrayons du même rapport, fait bien ressortir la supériorité des machines sans foyer dans le cas actuel.

DÉPENSE JOURNALIÈRE COMPARÉE.

Parcours, 102k,2. Charge remorquée, 10 tonnes.

| *Machine avec foyer.* | | *Machine sans foyer.* | |
|---|---|---|---|
| Charbon, 510 kil. à 38f,75 la tonne | 19f,75 | Charbon, 350 kil. à 30f,40 la tonne | 10f,64 |
| Huile | 2,80 | Huile | 2,80 |
| Garnitures (durée 10 jours) par jour | 0,29 | Garnitures | 0,29 |
| Tubes de niveau d'eau | 0,05 | Tubes de niveau d'eau | 0,00 |
| Nettoyage de chaudière (tous les 6 jours) | 1,00 | Nettoyage du générateur, 20 fr. par mois à répartir sur quatre machines. | 0,17 |
| Barreaux de foyer (1 par jour) | 1,50 | Barreaux de foyer | 0,68 |
| Lavage des voitures noircies | 4,50 | Lavage des voitures et tentures | 0,00 |
| — des tentures d'impériale | 0,50 | Chauffeur du générateur pour quatre machines, 5 fr.; le quart | 1,25 |
| Chauffeur | 5,00 | Son aide | 0,94 |
| Machiniste | 6,00 | Machiniste | 6,00 |
| Total | 41f,39 | Total | 22f,77 |
| Danger des coups de feu, usure d'une chaudière en six ou sept ans, réparations onéreuses. | | Pas de coup de feu. Durée de la chaudière, 20 à 30 ans, réparations peu coûteuses. | |

Les éléments qui précèdent résultent, comme le remarque M. Collignon, de relevés exacts faits sur les livres de la ligne de Rueil à Port-Marly, où les deux genres de machines fonctionnaient concurremment. Depuis l'époque où ce rapport à été lu, M. Francq a établi, d'après les dépenses réellement faites, le prix exact de revient de la traction par kilomètre parcouru. On en trouve le détail dans la *Revue universelle des chemins de fer* du 10 Octobre 1878 Nous le donnons ici.

DÉPENSE PAR KILOMÈTRE.

| | |
|---|---|
| Charbon tout venant, 3k,20 à 30 fr. la tonne | 0f,0960 |
| Conduite du générateur. 1 chauffeur de jour, à 5 fr. pour 320 kil. | 0,0158 |
| — 1 chauffeur de nuit, — | 0,0158 |
| Nettoyage ou visite. 1 visiteur à 4 fr. par jour | 0,0125 |
| Chargement de la vapeur. 1 ouvrier mécanicien à 6 fr. par jour | 0,0187 |
| Conduite des machines. 3 machinistes à 6 fr. par jour | 0,0561 |
| Graissage, garnitures. 9 kil. d'huile, minium, etc. | 0,0330 |
| Intérêt du capital des machines, générateurs (80 000 fr. à 7 p. 100) | 0,0050 |
| Renouvellement des machines et générateurs | 0,0340 |
| Imprévu | 0,0131 |
| Total par kilomètre parcouru | 0,3000 |

Cette dépense s'applique au parcours d'un véritable train et dans des conditions assez difficiles. La section de Port-Marly à Rueil donne, pour aller et retour, un parcours de près de 15 kilomètres; elle comporte des courbes de 30 mètres de rayon. Les stations et arrêts dans les deux sens sont au nombre de 30. Les voyageurs transportés varient de 60 en moyenne dans la semaine à 200 le dimanche; les arrêts se font promptement, et sans secousse, et on

peut au besoin y employer la contre-vapeur. Les démarrages sont bien francs quoique doux.

Sur la section de Port-Marly à Marly-le-Roy, la machine remonte des rampes qui vont jusqu'à 0m,059 par mètre. Nous devons toutefois ajouter que cette ligne est une espèce de chemin de fer où la traction rencontre moins de difficultés provenant de l'état de la voie que sur un tramway pro-proprement dit, établi dans une rue passagère.

Quoiqu'il en soit, en raison de ses qualités, ce moteur paraît convenir aussi bien pour les tramways que pour les chemins de fer d'intérêt local; car il ne présente aucune incommodité pour les propriétés riveraines; il supprime le danger des surchauffes pendant les arrêts et des incendies provenant de la chute du combustible enflammé pendant la marche.

Si l'on se reporte aux conditions que doivent remplir les remorqueurs sur les tramways, on voit que celui de M. Francq y satisfait complétement. On doit le considérer comme une des bonnes solutions qui aient été trouvées jusqu'ici pour ce difficile problème.

## Machines à air comprimé.

Les conditions théoriques du fonctionnement des machines à air comprimé ont été indiquées sommairement (Ve partie, chap. IV). On y a montré de quelle manière peu avantageuse la chaleur dépensée pour la compression de l'air se trouve utilisée. Quelques calculs fort simples ont établi le rendement dans des cas déterminés et permis de pressentir ce qui se passe d'une manière générale dans tous les cas possibles. Les formules de la théorie mécanique de la chaleur conduisent facilement à la solution de tous les problèmes qu'on peut se poser sur ce sujet. Nous renverrons donc aux ouvrages qui traitent cette matière et en particulier à celui de M. Léon Pochet (p. 231 et suiv.) (1).

Malgré leurs défauts économiques fort graves, les machines à air comprimé donnent dans certains cas des solutions très-satisfaisantes. Appliquées aux tramways, elles présentent une série d'avantages pratiques qui les rendent précieuses pour la traction dans les grands centres de population. Elles possèdent au plus haut point les qualités qu'on doit exiger d'un moteur affecté à ce genre de service; elles ne font pas de bruit, n'émettent ni vapeur ni fumée, partent et s'arrêtent avec une extrême facilité. Aussi avons-nous vu précédemment que plusieurs constructeurs ont tenté de les rendre d'un usage pratique et courant pour cet objet spécial.

Le seul système appliqué en France est celui qu'a fait breveter M. Mekarski et qui porte son nom. On a déjà pu s'en faire une idée en lisant l'aperçu

(1) *Nouvelle mécanique industrielle*, par M. Léon Pochet. — Dunod, 1874.

sommaire donné plus haut (Ve partie, chap. IV, p. 273). Mais comme la construction de ces moteurs a reçu de notables perfectionnements, nous croyons devoir y revenir pour donner les détails que ne pouvait comporter la trop brève description faite par M. Clark.

Comme dans toutes les machines où il doit fournir la force motrice nécessaire à la traction, l'air comprimé est emmagasiné au départ sous une pression suffisamment élevée et en quantité assez grande pour qu'on puisse effectuer un parcours d'une certaine étendue. Dans le système dont nous nous occupons, la pression initiale est de 30 atmosphères. Elle diminue naturellement au fur et à mesure que le parcours s'accomplit et par suite son action dans les cylindres, très-énergique au début, s'affaiblit peu à peu.

La première condition à remplir était donc de trouver un moyen pour que l'allure en marche ne se ressentit pas de cet abaissement progressif de la pression. Une autre, plus importante encore à réaliser au point de vue économique, consistait à utiliser le mieux possible la dépense faite pour le chargement.

Voici les dispositions imaginées par M. Mekarski pour satisfaire à cette double condition.

Pour obtenir le premier résultat, il avait, dès 1872, imaginé de débiter l'air moteur à une pression différente de celle du réservoir et de la maintenir constante pendant la durée de la course, tout en restant libre de la déterminer suivant les circonstances.

Le régulateur automatique que nous décrirons plus loin permet de satisfaire à cette triple exigence. C'est lui qui constitue à proprement parler le trait le plus cractéristique, le plus ingénieux et le plus nouveau du mécanisme.

La seconde question était bien plus difficile à résoudre. Car le rendement mécanique de l'air comprimé est extrêment faible comme nous l'avons vu; et il se trouve encore bien réduit par la diminution de pression qui se produit dans le régulateur : M. Mekarski l'a amélioré considérablement en plaçant entre les réservoirs et les cylindres moteurs, un espace rempli d'eau à température élevée que l'air est forcé de traverser et où il se réchauffe, en se saturant de vapeur d'eau. On comprend aisément, sans que nous ayons besoin de nous y arrêter, le double rôle que joue cette eau, dont la température initiale est de 160° environ dans la pratique. Elle se refroidit bien pendant le trajet, à mesure que la pression de l'air diminue elle-même; mais on conçoit que son poids puisse être déterminé de telle manière que la proportion de vapeur d'eau dans le mélange reste à peu près constante.

L'expérience a montré que le rapport le plus avantageux est celui de 1 à 6 et M. Mekaski s'est arrangé pour que l'air arrive aux cylindres, saturé de vapeur, à la pression de 5 ou 6 atmosphères et qu'il soit à la température d'environ 100°.

Dans ces conditions, le rendement augmente d'une manière très-sensible parce que, à pression égale, la densité de l'air est moindre, et parce qu'on peut le faire agir avec une certaine détente. On sait que si l'air était abso-

lument sec et qu'on le fît détendre depuis une pression P à la température T jusqu'à une pression $p$ en produisant un travail mécanique, la température finale $t$ serait donnée par la formule $\frac{a+t}{a+T} = \left(\frac{P}{p}\right)^{\frac{k-1}{k}}$, où la fraction $\frac{k-1}{k} = 0{,}2908...$ Cette température va en baissant considérablement au fur et à mesure que $\frac{P}{p}$ augmente, et elle finit par atteindre des valeurs inadmissibles.

La quantité de vapeur d'eau que contient l'air comprimé empêche précisément le refroidissement considérable qui se produirait sans cela et qui présenterait les inconvénients les plus sérieux pour la marche régulière des machines.

Si l'on recherche quelle quantité de travail mécanique peut fournir 1 kil. d'air comprimé dépensé à la pression de 6 atmosphères, suivant qu'il est saturé de vapeur d'eau, pris à la température de 100° et détendu à deux volumes et demi, ou selon qu'il est mis en œuvre à la température de 15°, et détendu à un volume et demi (ce qui donne un refroidissement de 43° et une température de — 28°), on trouve que dans le second cas la quantité de travail disponible est à peine la moitié de celle qu'on obtient dans le premier.

La pratique a confirmé ce résultat obtenu théoriquement tout d'abord ; elle a montré que la dépense d'air est double quand on n'a pas recours au réchauffement.

M. Mekarski construit deux genres de machines, établies d'après les principes précédents : des voitures automobiles et des remorqueurs destinés à faire la traction des cars, à la manière des locomotives essayées à Paris.

## Voitures automobiles.

(Planche XXIII.)

Ces voitures, dont nous devons les dessins à l'obligeance de MM. Mekarski et Delettrez frères, sont représentées dans la Pl. XXIII. La *fig.* 1 est une élévation générale, avec coupe du réchauffeur et du régulateur de détente. La *fig.* 2 est un plan sur la moitié duquel le plancher est supposé enlevé pour faire voir la disposition des réservoirs d'air. La *fig.* 3 enfin est une coupe, moitié suivant l'axe d'un des réservoirs, moitié suivant l'axe de l'essieu moteur. Ces dessins donnent tout ce qui est nécessaire à l'intelligence de la machine.

Ces voitures, essayées à Paris sur le réseau Nord, et actuellement en service sur les tramways de Nantes, comprennent deux parties bien distinctes. L'une se compose du mécanisme de propulsion, de distribution et des réservoirs d'air, le tout faisant corps avec le bâti inférieur. L'autre est le car proprement dit qui repose sur le châssis.

Le bâti inférieur est constitué par un truck en fer monté sur quatre roues ayant 0m,70 à la circonférence de roulement. En dessous de lui sont fixés dix réservoirs cylindriques longs de 1m,30, ayant 0m,50 de diamètre et présentant une capacité totale de 2 800 litres. Ils sont en tôle d'acier doux de 0m,008 d'épaisseur. Ils sont préalablement essayés à la pression de 35 atmosphères; en service régulier, ils sont chargés avec de l'air sous une pression de 30 atmosphères; ils en contiennent 100 kil.

Ils sont divisés en deux batteries, l'une de 1920 litres et l'autre de 880 litres. La première est, à proprement parler, la seule qui soit destinée au service; la seconde constitue une sorte de réserve; elle ne sert qu'en cas de détresse ou bien quand, la machine devant donner un coup de collier à un moment déterminé, on veut faire agir dans les cylindres de l'air à très-haute pression. Ces deux batteries peuvent être mises en communication l'une avec l'autre ou rester indépendantes, ce qui est généralement le cas. Le réchauffeur est installé verticalement à l'avant; à sa partie supérieure, il porte le régulateur; au départ, il contient 125 litres d'eau échauffée à 160 degrés.

Le mécanisme est placé extérieurement aux longerons du châssis, et de chaque côté; il est enfermé dans deux boîtes en tôle qui le mettent à l'abri de la poussière et de la boue et en assurent ainsi la conservation. La distribution s'effectue au moyen d'une coulisse de Stéphenson réglée spécialement pour la marche avec 0,30 d'introduction. Les cylindres ont 0m,135 de diamètre; la course des pistons est de 0m,260 et le diamètre des roues motrices de 0m,70.

Le dessus du châssis porte une caisse de car sans impériale, contenant 17 places assises et une terrasse couverte qui peut tenir 13 voyageurs debout et le conducteur.

Une étroite plate-forme est ménagée à l'avant près du réchauffeur; elle est réservée au mécanicien, qui fait seul tout le service en ce qui concerne la marche. Elle porte à l'aplomb des rails des boîtes à sable s'ouvrant au moyen de pédales, qui permettent d'augmenter à volonté l'adhérence dans les temps humides.

Cette voiture automobile pèse 6 000 kil. à vide et environ 8 000 kil. quand elle est à pleine charge. La montée s'effectue à l'arrière par un escalier placé au centre de la terrasse, et dont la disposition est telle qu'elle oblige les voyageurs à laisser libre le passage vers les places d'intérieur. La voiture peut fournir en palier un trajet d'environ 12 kilomètres. Elle possède, en temps ordinaire une adhérence suffisante pour lui permettre de gravir des rampes de 0m,04 à 0m,05 par mètre.

L'arrêt s'effectue au moyen d'un frein Stillman mis en jeu par l'air comprimé lui-même; il suffit de tourner un robinet pour obtenir ce résultat. On peut aussi, comme sur les machines locomotives et le moteur Francq, marcher à contre-pression. Cette faculté donne un moyen de plus pour arrêter le car sur une très-courte distance. Dans les expériences qui s'effectuaient entre

la place Moncey et Saint-Denis, nous avons pu constater nous-même la rapidité d'action et l'efficacité de cette double manœuvre.

Le mécanicien placé en tête n'a absolument à se préoccuper que de la manœuvre des robinets et de la surveillance de la voie. La voiture automobile présente toutefois cet inconvénient, que ne pouvent marcher indifféremment dans les deux sens, elle a besoin d'être retournée au bout de chaque course. C'est en grande partie pour satisfaire à cette nécessité que MM. Delettrez ont inventé leur plaque tournante, dont nous avons parlé plus haut.

## Remorqueur indépendant.

(Planche XXIV.)

Dans le remorqueur indépendant, les réservoirs sont installés au-dessus du châssis. Ils sont enveloppés d'une caisse qui les dissimule et leur donne l'aspect extérieur d'un petit car. Ils sont au nombre de quatre; ils ont 0$^m$,90 de diamètre extérieur et 2$^m$,60 de longueur; l'un d'eux est isolé pour constituer la réserve, comme dans le cas de la voiture automobile. Leur capacité totale est de 5 600 litres, dont 1 400 composent la batterie de réserve. Ils sont en tôle d'acier de 0$^m$,014 d'épaisseur. Ils sont aussi éprouvés à la pression de 35 atmosphères et, en service courant, quand ils viennent d'être chargés, ils contiennent 200 kil. d'air à la pression de 30 atmosphères.

Le réchauffeur, surmonté du régulateur que nous allons bientôt décrire, renferme au départ 250 litres d'eau à la température de 160 degrés. Il est installé à l'avant entre les longerons du châssis. Un espace libre est réservé pour le mécanicien entre le réchauffeur et les réservoirs d'air. Des boîtes à sable sont disposées de chaque côté de cette sorte de plate-forme. Le châssis en fer repose sur quatre roues de 0$^m$,70 de diamètre, dont les essieux sont distants de 1$^m$,30 d'axe en axe. Ce faible écartement permet le passage dans des courbes de très-petit rayon. Les roues peuvent être couplées de manière à donner une plus grande adhérence.

Ici le mécanisme est installé entre les longerons du châssis. Il est contenu dans une sorte de caisse fermée à sa partie supérieure par le plancher de la plate-forme rendu mobile. Il est ainsi à l'abri de la boue et de la poussière, tout en restant constamment accessible au mécanicien. Les cylindres ont 0$^m$,190 de diamètre et les pistons 0$^m$,250 de course. La distribution se fait par une coulisse, comme dans le car automobile.

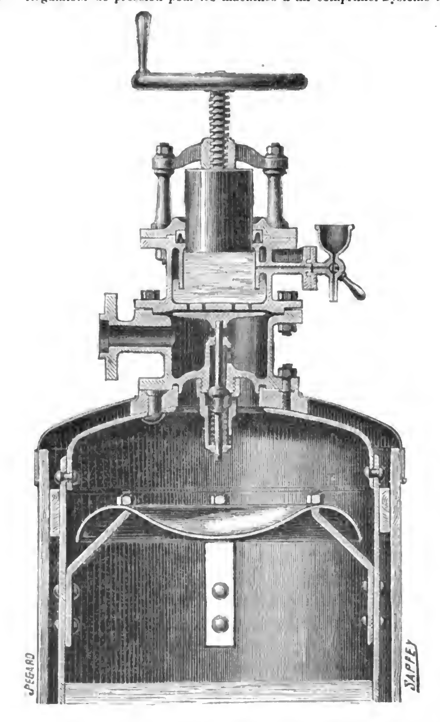
L'inventeur affirme qu'avec les roues couplées le remorqueur peut traîner un grand car à impériale sur des rampes de 0$^m$,05 par mètre, et deux de ces mêmes cars sur des rampes de 0$^m$,025 par mètre. Cette machine peut fournir en palier une course de 16 kilomètres sans qu'il soit nécessaire de recharger les réservoirs. Les ressorts de suspension sont à l'intérieur, ainsi que le frein qui est le même que celui du car automobile.

Nous avons dit en commençant que le régulateur de pression forme le

trait caractéristique du système; nous allons en donner succinctement la description.

Il se compose de deux chambres en bronze superposées et séparées par un diaphragme en caoutchouc. La première, qui contient de l'eau, ressemble à une presse hydraulique dont le piston monte ou descend sous l'action d'une vis manœuvrée au moyen d'un petit volant (*fig.* 152). Quand on le fait des-

Fig. 152. — Régulateur de pression pour les machines à air comprimé. Système Mekarski.




cendre, ce piston refoule l'eau dans un espace annulaire où se trouve emprisonnée une certaine quantité d'air. Cet air ainsi comprimé forme une sorte de matelas élastique, jouant le rôle d'un ressort auquel on donne un plus ou moins dégré de tension en faisant plonger le piston d'une quantité plus ou moins grande. Cet effet se comprend de lui-même, puisque la masse

de l'air et celle de l'eau dans la chambre supérieure sont invariables et que la présence seule du piston plongeur modifie leur état relatif.

La chambre inférieure communique pendant la marche avec les cylindres moteurs. Elle repose sur le réchauffeur qui contient l'eau chaude destinée à saturer de vapeur et à réchauffer l'air comprimé qui arrive des réservoirs. Cet air, après avoir traversé l'eau, pénètre dans la chambre inférieure par un orifice percé au sommet du réchauffeur (c'est-à-dire dans la paroi opposée au diaphragme en caoutchouc) et que tend à fermer une soupape conique poussée par un ressort. Cette soupape est guidée par une tige rigide surmontée d'un plateau qui s'appuie contre le diaphragme et, par son intermédiaire, subit l'action du ressort d'air de la chambre supérieure.

On comprend aisément, d'après cela, qu'en comprimant le ressort d'air on fait céder le diaphragme qui réagit à son tour sur le plateau et détermine l'ouverture de la soupape par laquelle l'air arrive des réservoirs. Mais comme la pression de cet air, quand il s'écoule, s'exerce sur toutes les parois de l'espace où il se répand et en particulier sur le diaphragme, elle tend à refouler ce dernier; le plateau qui suit tous ses mouvements et commande la soupape tend à la fermer; cette dernière se déplace alors tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, mais de manière à maintenir constamment l'équilibre entre les deux actions contraires du ressort d'air et la pression des réservoirs. Il en résulte que la pression d'écoulement restera elle-même constante tant qu'on ne modifiera pas la tension du ressort d'air, et qu'elle variera avec elle.

En raison de la haute pression de l'air dans les réservoirs et du faible volume de celui que contient la chambre supérieure, un très-petit déplacement du piston suffit pour augmenter ou diminuer notablement la pression du ressort et faire varier instantanément la puissance de la machine dans des limites très-étendues.

Le régulateur présente aussi l'avantage de permettre de marcher constamment avec une faible introduction, tandis que dans les locomotives ordinaires il faut en général restreindre, et quelquefois même supprimer, la détente quand on veut augmenter l'effort que doit fournir temporairement la machine. Le réchauffeur est, bien entendu, entouré d'une chemise isolante qui s'oppose à l'abaissement de la température par le rayonnement extérieur. Un diaphragme métallique empêche l'entraînement mécanique de l'eau.

Comme on le voit, la manœuvre de ces machines est extrêmement simple et à peu près identique à celle des locomotives; elles s'arrêtent facilement et vite, et repartent bien de pied ferme. Elles suppriment complétement les foyers, les produits de la combustion et l'échappement de la vapeur. Ce sont là des avantages extrêmement importants pour des machines destinées à circuler dans les rues des villes. Elles sont à l'abri des coups de feu et des explosions auxquels les locomotives sont exposées; elles ne perdent pas de leur puissance pendant les stationnements prolongés, comme certaines machines à eau chaude; enfin les réservoirs fabriqués en tôle très-forte donnent toute sécurité contre la rupture. Elles n'exigent qu'un seul homme pour ré-

gler leur marche et se prêtent à une grande variété d'allures, tout en étant d'une remarquable douceur de mouvement.

Après avoir exposé ce qu'on pourrait appeler les propriétés physiques des moteurs Mekarski, il s'agit d'examiner quel est le prix de revient kilométrique de ce nouveau genre de traction.

Pour réaliser pratiquement le problème de la compression de l'air, M. Mekarski a construit des compresseurs d'un type spécial dont un spécimen était exposé au Champs de Mars en 1878. L'air saturé d'eau, qui lui est mélangée sous forme de pluie fine à son entrée dans un premier cylindre, commence à être comprimé à certain degré dans celui-ci; il est ensuite envoyé dans un autre cylindre plus petit où l'opération s'achève. Grâce à l'eau incorporée, la température ne s'élève pas à plus de 60°; l'air se débarrasse de l'eau à son arrivée dans les accumulateurs.

Les essais faits depuis longtemps en vue de l'exploitation des tramways de Nantes et de la traction sur le Réseau-Nord de Paris permettent d'établir avec quelque certitude les évaluations des dépenses. D'après les résultats qui nous ont été communiqués par M. Mekarski, les machines qui fonctionnent au dépôt de Saint-Ouen donnent 8 kilogrammes d'air comprimé à 30 atmosphères par force de cheval et par heure. On peut d'après cela estimer, dans chaque cas particulier, le prix de revient d'un kilogramme d'air fourni aux moteurs, en tenant compte de l'amortissement du matériel et de l'intérêt du capital engagé.

Comme M. Mekarski, nous prendrons pour exemple une installation de 150 chevaux qui fournira par heure 1200 kilogrammes d'air comprimé. Il faudra pour parer à toutes les éventualités trois machines de compression de 75 chevaux dont deux seront en marche et une sera en réserve. D'après les marchés passés pour Saint-Ouen et Nantes, la dépense du premier établissement se composera comme il suit :

| | |
|---|---|
| Machines de compression, générateurs, accumulateurs, robinetterie, etc. | 188000 fr. |
| Bâtiments, fourneaux, etc. | 52000 |
| Total. | 240000 fr. |

Soit 1600 fr. par force de cheval.

Les frais journaliers peuvent s'estimer ainsi pour une journée de travail de 15 heures :

| | |
|---|---|
| Combustible ($1^k,80$ par cheval et par heure). | 110 fr. |
| Personnel (en double). | 40 |
| Entretien courant et graissage des machines. | 30 |
| Eau. | 25 |
| Éclairage et dépenses diverses. | 9 |
| Amortissement des chaudières en dix ans. | 7 |
| — des machines et réservoirs en vingt ans. | 13 |
| Total des dépenses effectives. | 234 fr. |
| Intérêt du capital à 10 p. 100. | 66 |
| Total des frais journaliers. | 300 fr. |

Soit 20 fr. par heure de travail, ou $\frac{20}{1200} = 0^{f},0166$ par kilogramme d'air comprimé. Ce prix variera évidemment en plus ou en moins suivant l'importance de l'installation et on peut même dire dans une certaine mesure en raison inverse de cette importance.

Les expériences nombreuses et suivies faites sur la ligne de la place Moncey à Saint-Denis paraissent établir que pour les machines Mekarski, circulant sur de bonnes voies où la résistance au roulement varie de 0,010 à 0,012 de la charge, la dépense atteint à peine et ne dépasse certainement pas un kilogramme d'air comprimé à 30 atmosphères par tonne et par kilomètre parcouru en palier. Les cars automobiles de Nantes qui pèsent 8,000 kilogrammes à pleine charge, c'est-à-dire avec 30 voyageurs, consomment 7 kilogrammes par kilomètre. Les remorqueurs de la ligne de Saint-Denis attelés à un car à impériale et traînant en tout un poids maximum de 13 tonnes et demie dépensent 12 kilogrammes par kilomètre en palier. Quand ils mènent deux cars, la charge totale est de 18 tonnes et la dépense de 15 à 16 kilogrammes d'air par kilomètre.

Sur les rampes, la dépense augmente d'environ 10 p. 100 par millimètre d'inclinaison et diminue d'autant sur les pentes. Quand la machine fait le même trajet, aller et retour, avec la même charge, on admet qu'il n'y a pas lieu de tenir compte des rampes dont l'inclinaison est inférieure à $0^{m},010$ par mètre.

En s'appuyant sur les données expérimentales qui précèdent et sur les poids d'air que contiennent les deux catégories de machines, on trouve facilement que les parcours possibles sans rechargement des réservoirs sont :

12 kilomètres pour la voiture automobile.
14 — pour le remorqueur traînant un car.
11 — pour le remorqueur traînant deux cars.

D'après les chiffres rapportés plus haut pour la consommation en air comprimé des voitures automobiles et des remorqueurs, et avec le prix de revient de $0^{f},0166$ pour un kilogramme d'air à 30 atmosphères, dont nous avons donné la composition, la portion de la dépense afférente à l'air comprimé seul est de :

$0^{f},12$ par kilomètre pour les voitures automobiles.
0 ,20 pour les remorqueurs traînant un car.
0 ,25 — deux cars.

Pour arriver au prix de revient total de la traction, il faut ajouter ce que coûteront le salaire des mécaniciens, le graissage, l'entretien courant et l'amortissement des machines. Ces dépenses qu'on rapporte généralement, et à tort, à la journée de travail doivent être évaluées au kilomètre parcouru. Nous admettons que les machines (cars automobiles ou remorqueurs) feront un parcours journalier de 100 kilomètres et seront en repos un jour sur trois en moyenne. Leur parcours annuel moyen sera dans ce cas de 25,000 kilo-

mètres. On peut compter par an pour les deux types employés :

| | | |
|---|---|---|
| Solde du mécanicien. . . . . . . . | 2 100 fr. | 3 300 fr. |
| Graissage et entretien. . . . . . . | 1 200 | |

soit par kilomètre parcouru

| | | |
|---|---|---|
| Solde du mécanicien. . . . . . . . | 0f,084 | 0f,132 |
| Graissage et entretien. . . . . . . | 0 ,048 | |

Reste la question d'amortissement. Les machines coûtent les prix suivants:

| | |
|---|---|
| Voiture automobile. . . . . . . . . . . . . . . . | 14 500 fr. |
| Remorqueur indépendant. . . . . . . . . . . . . | 16 000 |

En raison de la simplicité du mécanisme et de la grande solidité des appareils qui ne sont pas soumis aux mêmes causes de détérioration que les locomotives, les constructeurs estiment qu'on restera dans les limites de la prudence en calculant l'amortissement pour une durée des appareils évaluée à dix ans. Si l'on admet cette appréciation, on devra compter de ce chef 700 francs par an pour la voiture automobile et 1,000 francs pour le remorqueur; soit 0f,028 par kilomètre parcouru dans le premier cas et 0f,040 dans le second. En réunissant maintenant tous ces éléments, on trouve pour les frais de traction par kilomètre parcouru les résultats consignés au tableau suivant :

FRAIS DE TRACTION PAR KILOMÈTRE PARCOURU.

| NATURE DES DÉPENSES. | VOITURES automobiles. | REMORQUEURS | |
|---|---|---|---|
| | | Avec une voiture. | Avec deux voitures. |
| | fr. | fr. | fr. |
| Air comprimé. . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0,120 | 0,200 | 0,250 |
| Solde du mécanicien. . . . . . . . . . . . . . | 0,084 | 0,084 | 0,084 |
| Graissage et entretien. . . . . . . . . . . . . | 0,048 | 0,048 | 0,048 |
| Amortissement. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0,028 | 0,040 | 0,040 |
| Total. . . . . . . . | 0,280 | 0,372 | 0,422 |

Dans les évaluations que nous venons de donner, il reste toujours une partie un peu aléatoire et sur laquelle l'expérience seule pourra prononcer. Nous voulons parler de ce qui a trait à l'entretien et la durée du matériel. Si pour les machines à vapeur, pour les engins même de compression, on peut déduire de l'expérience acquise ailleurs des éléments pour apprécier d'une manière assez approchée en combien d'années il faudra renouveler un matériel bien entretenu et fonctionnant normalement; il n'en est plus de même pour ce qui regarde la durée des machines de M. Mékarski. La somme

qui doit être appliquée annuellement à l'amortissement n'est donc pas bien déterminée. On peut bien sans doute compter sur une durée presque illimitée des réservoirs où l'air comprimé est accumulé pour être ensuite mis en œuvre dans les cylindres moteurs. Mais c'est pour ces derniers et pour le mécanisme de transmission que commence l'incertitude. Cette même considération est du reste applicable à tous les moteurs de tramways. L'expérience a montré qu'indépendamment des causes de destruction qui sont inhérentes à la production de la force il y en a d'autres qui affectent spécialement le mécanisme et qui dépendent du plus ou moins bon état de la voie. Or ce n'est pas précisément par là que brillent les tramways français. L'imperfection des joints que nous avons maintes fois signalée a été, paraît-il, à elle seule une cause de réparations continuelles pour les machines Merryweather-Harding. On ne peut pas espérer que les moteurs Mékarski seront plus soustraits que les autres à ces inconvénients. Si donc des machines à vapeur bien conditionnées ont souvent été hors d'état de service au bout d'un temps assez court par suite des avaries des chaudières et du mécanisme, doit-on regarder comme bien probable la durée de dix ans que nous venons d'admettre d'après les constructeurs et n'y aura-t-il pas lieu de modifier aussi dans l'avenir leurs estimations pour le graissage, l'entretien courant, etc.? Il faudra évidemment l'expérience de plusieurs années d'un service régulier pour prononcer sur ces points douteux, et ce que nous disons ici pour les machines à air comprimé s'adresse aussi bien à la machine Francq et à celle de Winterthur.

Quoi qu'il en soit, la solution imaginée par M. Mékarski est remarquable par sa simplicité et son élégance et paraît convenir d'une manière toute spéciale pour la circulation dans l'intérieur des villes, où les moteurs de MM. Francq et Brown seraient peut-être moins bien à leur place.

On expérimente en ce moment à Paris plusieurs autres types de remorqueurs et la compagnie des Omnibus elle-même serait, dit-on, sur le point d'essayer aussi la traction mécanique sur son réseau. Nous n'avons pas sur les nouvelles machines de détails assez précis pour pouvoir en parler actuellement. Mais de cet ensemble de faits nous retiendrons ceci : c'est que cette question de traction est absolument à l'ordre du jour à présent. La solution la plus convenable qu'on ait trouvée jusqu'ici pour l'intérieur des villes paraît être la machine Mékarski ; le service qu'elle fait sur les Tramways-Nord, et surtout sur ceux de Nantes, tend à l'établir de plus en plus. Les machines Brown et Francq seraient sans doute mieux à leur place sur les lignes qui rayonnent à l'extérieur de Paris; mais comme elles n'ont pas été mises en service dans l'intérieur, on ne peut pas affirmer qu'elles n'y réussiraient pas.

Le problème de la traction mécanique n'a évidemment pas dit son dernier mot et la solution définitive est encore à trouver. Beaucoup de constructeurs croient qu'on n'y arrivera qu'en recourant uniquement aux locomotives et en les appropriant d'une manière spéciale pour le service des rues. Mais c'est précisément dans ce dernier point que gît toute la difficulté et, malgré

les efforts faits depuis dix ans, il ne semble pas qu'on l'ait résolue d'une manière complète. Les conditions à remplir au point de vue mécanique compliquent singulièrement la question. Les machines à construire ne doivent guère pouvoir développer plus de quinze chevaux de force au maximum; en temps ordinaire, il en faut même beaucoup moins. Leurs organes de production, comparés à ceux des locomotives, doivent donc être relativement petits; mais en même temps, il faut qu'ils soient bien plus robustes, car les causes de détérioration sont incomparablement plus grandes sur un tramway que sur un chemin de fer; les chaudières doivent être plus soignées pour ne pas donner lieu constamment à des fuites; le mécanisme doit être assez flexible pour passer dans des courbes du plus petit rayon, sans pourtant rien perdre de sa puissance. Tout ceci exigera sans doute une assez grande complication d'organes, et cependant il est indispensable que le poids ne dépasse pas une certaine limite, sept ou huit tonnes au plus. Les machines Francq et Mékarski, ou leurs analogues, seront peut-être moins économiques que les moteurs à vapeur qu'on pourra inventer; mais elles sont moins compliquées parce qu'elles ont en moins un ou deux des organes qui devront nécessairement exister sur les autres systèmes. Ainsi elles n'ont ni l'une ni l'autre besoin de foyer; et c'est un avantage très-grand qu'apprécieront ceux qui savent combien devient délicate cette partie de la construction, quand il faut produire beaucoup de vapeur dans un temps donné avec une chaudière de dimensions assez exigues et quand, en même temps, l'attention du mécanicien doit se partager entre la conduite du feu, la direction de la machine et la surveillance de la voie. La négligence d'une de ces trois conditions peut entraîner les accidents les plus regrettables, et l'on ne saurait trop approuver l'administration qui exige la présence de deux hommes sur les moteurs proprement dits. Mais l'addition d'un homme de plus augmente le prix de la traction, et si cette dernière gagne en sécurité, elle perd au point de vue économique. Sans entrer dans plus de détails, on voit combien le problème est complexe et combien nous sommes loin d'en posséder la solution pour ce qui regarde l'application directe de la vapeur produite sur les moteurs eux-mêmes. Aussi croyons-nous que, jusqu'à nouvel ordre, les machines Francq et Mékarski sont les seules qu'on puisse appliquer dans l'intérieur des villes. Y aura-t-il toujours avantage à y recourir? C'est une question à laquelle il est impossible de répondre d'une manière générale. On peut cependant dire que sur les réseaux peu chargés, où l'exploitation s'effectue au moyen de cars à un seul cheval et où les départs ne sont pas très-rapprochés, il n'y aura pas en général d'économie à employer les machines. Sur les lignes à trafic ordinaire et même sur une grande partie de celles de Paris, le car automobile de M. Mékarski nous paraît être la solution toute indiquée. Enfin les lignes à circulation intense devraient être desservies au moyen de remorqueurs capables de trainer deux cars à impériale, quand les nécessités du service l'exigeront.

---

# LÉGISLATION DES TRAMWAYS

Il n'existe pas encore en France de loi spéciale pour les Tramways. Un projet soumis à la Chambre des députés, puis au Sénat, a été successivement remanié, et d'une telle manière, que M. de Freycinet, Ministre des Travaux Publics, a cru devoir reprendre la question *ab ovo;* il a présenté ou va présenter un nouveau projet qui embrassera à la fois, nous dit-on, les chemins de fer sur routes et les tramways proprement dits. Mais comme rien n'a encore été voté, nous en sommes réduits pour le moment à exposer ce qui se fait depuis plusieurs années.

Les règles administratives sur la matière résultent de décisions ministérielles et d'avis du Conseil d'État. Depuis un certain temps, le Gouvernement a été obligé de répondre à un assez grand nombre de demandes de concessions; aussi est-on arrivé, après plusieurs années d'expérience, à posséder, à défaut de loi, une jurisprudence basée sur les principes généraux du droit administratif en ce qui touche la nature du domaine public, les concessions de travaux publics et les pouvoirs respectifs de l'autorité centrale et des autorités locales.

Nous allons la passer rapidement en revue et donner la liste des formalités à remplir pour l'obtention d'une concession.

Dans le principe, le pouvoir central agissait seul. Le décret du 18 Février 1854 pour la concession Loubat a été rendu sans enquête et sans que le conseil municipal de Paris ou le Conseil d'État aient été consultés. Il spécifie que l'entretien des voies est obligatoire pour le concessionnaire, mais ne contient aucune prescription pour la chaussée. Il fixe la durée de la concession à 30 ans, tout en établissant bien sa précarité. Enfin il stipule le payement d'une redevance au profit de la ville de Paris.

Même manière de faire pour la ligne de Rueil à Port-Marly. Il faut toutefois remarquer que le décret vise les délibérations des conseils municipaux de Rueil, Port-Marly et Marly-le-Roi. Le Ministre de l'intérieur avait également été appelé à donner son avis, parce que les rails devaient être placés sur un chemin de grande communication. La concession de la ligne de Riom à Clermont-Ferrand inaugure un changement de jurisprudence. La demande a été soumise à une enquête, et le Conseil d'État a été entendu. Cette manière de procéder s'est continuée depuis. Un avis du Conseil d'État, en date du 17 Mai 1870, vient ensuite poser une série de principes nouveaux qui peuvent se résumer ainsi : On ne peut autoriser l'établissement d'une voie ferrée sur

des voies urbaines ou communales qu'avec le consentement des autorités municipales. On ne peut avoir recours à l'expropriation pour acquérir les terrains nécessaires à l'établissement des gares et stations. Le recouvrement des avances faites par l'État pour l'exécution de travaux incombant aux concessionnaires ne peut s'effectuer au moyen de rôles rendus exécutoires par les préfets.

Un autre avis de 1872 a tranché la question de savoir à quelle autorité il appartenait d'autoriser les concessions. Il s'agissait de décider si le préfet d'un département était compétent pour donner l'autorisation d'établir un tramway sur des routes départementales et des chemins vicinaux, alors que le Conseil Général et les conseils municipaux intéressés avaient donné leur consentement. La commission provisoire chargée de remplacer le Conseil d'État, appelée à examiner cette question, a émis l'avis « que l'exécution et « la concession des chemins de fer à traction de chevaux, dits américains, « établis sur les routes et chemins ne peuvent être autorisées et réglées que « par un décret rendu après enquête et dans la forme des règlements d'ad- « ministration publique. » Le Ministre des travaux publics a donné, le 5 Mars 1872, son approbation à l'avis qui précède.

Cette doctrine a été confirmée depuis par un nouvel avis du Conseil d'État en date du 9 Mars 1876.

Il résulte de là que c'est le chef de l'État qui doit toujours statuer sur la concession des tramways. Mais, dans bien des cas, l'initiative vient des autorités locales qui ont d'avance appelé les entrepreneurs à leur faire des propositions suivant les besoins à desservir. Le Conseil Général de la Seine a donné le premier exemple de cette manière de procéder. Dans ces circonstances, le Gouvernement a adopté la combinaison suivante qui concilie le respect des principes avec les égards dus aux autorités locales. Il concède les tramways aux départements ou aux villes qui ont présenté les demandes, et il leur impose toutes les conditions qui lui paraissent indispensables pour donner satisfaction au public, tout en assurant comme par le passé le service de la voirie ordinaire. Il autorise en même temps les départements ou les villes à rétrocéder leurs concessions à des entrepreneurs; mais il se réserve d'approuver cette transmission par un décret rendu en Conseil d'État, de manière à ce qu'il ne puisse être rien changé aux obligations et règles imposées par l'acte de concession proprement dit.

Le gouvernement a toujours considéré du reste qu'il a le droit de faire une concession directe quand la demande lui en est adressée; il y a même plus, il estime qu'il peut, dans les concessions de tramways sur les voies publiques urbaines, se passer du consentement des villes. Le Conseil Général des ponts et chaussées et le Conseil d'État se sont tous deux prononcés catégoriquement dans ce sens en maintenant la rédaction des articles 31 et 32 du cahier des charges qu'on impose maintenant à toutes les entreprises de ce genre (ville de Dunkerque, 13 Juillet 1875; Nice, 22 Juillet 1875). Cette jurisprudence s'explique tout naturellement; car les tramways empruntent pour la plupart des routes nationales et départementales en même temps que des

voies communales ; il ne serait donc pas juste que les villes ou les communes pussent s'opposer à des entreprises d'intérêt général qui auraient besoin d'emprunter une portion de voies communales pour relier entre elles des voies d'un autre ordre.

Mais si les tramways sont entièrement établis sur des voies départementales ou communales, l'État ne peut, dans l'état actuel de notre législation, autoriser d'entreprises de tramways sans le consentement des départements ou des communes, à moins de classer parmi les routes nationales la portion de voie dont il aurait besoin. (Avis du Conseil d'État du 9 Mars 1876).

On peut dire au reste que toute la jurisprudence se trouve résumée actuellement dans le cahier des charges que nous donnons ci-après. Il se partage en six titres distincts qui s'appliquent respectivement au tracé et à la construction, à l'entretien et à l'exploitation, à la durée et à la déchéance des concessions, aux taxes et conditions de transport, aux stipulations relatives à divers services publics et enfin aux clauses diverses.

Le titre premier contient onze articles. Le premier définit les lignes du réseau ; il doit être rédigé d'une manière très-claire pour faire connaître leur itinéraire exact. Toute modification ultérieure exige un nouveau décret. Le second autorise les rétrocessions. L'article 3 fixe la durée accordée pour l'achèvement des travaux. Les articles 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 sont relatifs à la construction. Le sixième est surtout important, parce qu'il prescrit l'obligation du pavage pour la voie et les accotements. C'est une des conditions les plus dures et les plus onéreuses pour les concessionnaires. Elle a suffi, dans quelques cas, pour faire reculer les promoteurs de nouveaux réseaux; car les dépenses qu'elle entraîne sont souvent hors de proportion avec le produit qu'on peut attendre des voies à créer.

L'article 8 porte que les chaussées devront autant que possible être rétablies dans la même journée et remises dans le meilleur état. Cette condition est à peu près irréalisable, pour ce qui concerne les travaux de premier établissement. Tout au plus pourrait-elle s'appliquer aux travaux d'entretien. Elle peut donner lieu à des discussions; il vaudrait mieux la supprimer complétement.

L'article 10 spécifie que les travaux seront exécutés sous le contrôle des ingénieurs de l'État. C'est une mesure dont la convenance est incontestable et qui sauvegarde les intérêts du public appelé à se servir des tramways.

L'article 11 se rapporte à la réception des travaux.

Le titre II est relatif à l'entretien et à l'exploitation. Il comprend les articles de 11 à 15 et ne présente aucune particularité à signaler. Une lacune toutefois reste à combler. L'article 12 prescrit l'entretien par les compagnies des voies et du pavage de la zone du tramway; mais il ne dit pas comment il sera effectué. Dans le département de la Seine, c'est la ville de Paris qui se charge du pavage, moyennant remboursement par la compagnie des dépenses faites pour son compte. Cette manière de faire devrait être généralisée. Elle ferait disparaître un grand nombre de petites difficultés entre les compagnies et les administrations intéressées. Le principe de l'abonnement est simple,

facile à appliquer; on ne soulèverait aucune réclamation en le rendant clause obligatoire.

Le titre III, art. 16, 17, 18, 19, 20, traite de la durée et de la déchéance de la concession. L'article 17 a une importance considérable au point de vue de la jurisprudence. Il stipule qu'à l'expiration de la concession, le gouvernement sera subrogé à tous les droits du concessionnaire; qu'il entrera en jouissance immédiate des voies et de leurs dépendances établies sur toutes les catégories de voies de communication, et que le concessionnaire sera tenu de lui remettre le tout en bon état d'entretien et sans indemnité. Il consacre ainsi le droit de propriété de l'État sur les lignes de tramways et son droit d'accorder des concessions dans un but d'utilité publique.

Le titre IV, art. 22, 23, 24, 25 et 26, traite des tarifs. On pourrait insister longuement sur la question de savoir s'il convient d'adopter un tarif unique quelle que soit la distance parcourue, comme le fait la compagnie des Omnibus; ou s'il ne serait pas plus équitable de proportionner les droits de transports aux parcours effectués. Cette dernière manière de faire est évidemment la seule qui soit rationnelle; mais son application rencontre des difficultés en pratique. Elle est cependant en usage sur les réseaux Nord et Sud de Paris, mais seulement pour les parcours extérieurs à l'enceinte de l'octroi.

La question des classes a été aussi l'objet de longues controverses. Mais elle est étrangère à la législation proprement dite; nous ne nous y arrêterons pas.

L'article 22 prévoit aussi les cas de services à prix réduits pour les enfants des écoles, les ouvriers des ateliers, etc., de billets d'aller et retour, de cartes d'abonnement. Ces alinéas paraissent pouvoir être supprimés. En effet, les tarifs que l'administration indique sont seulement des limites maxima que les concessionnaires ne peuvent dépasser sous aucun prétexte; mais il leur est toujours loisible de rester en dessous et, de même que pour les chemins de fer, l'homologation des prix réduits et spéciaux par les préfets sur la proposition des villes semble bien suffisante. Il paraît au reste peu admissible que les municipalités exigent des tarifs réduits des concessionnaires quand ceux-ci doivent être mis en perte par ce fait. Si au contraire ils doivent y trouver un bénéfice, en attirant une circulation journalière à peu près constante, il est bien à croire qu'ils seront les premiers à agir pour le mieux de leurs intérêts.

L'article 23 prévoit sagement que les tarifs abaissés ne pourront être relevés qu'après un délai de trois mois, afin que le public puisse en être prévenu et par suite présenter ses réclamations à qui de droit, si le relèvement ne lui paraît pas justifié.

L'article 26 interdit aux villes de faire directement ou indirectement avec des entreprises de transports de voyageurs des arrangements qu'elles ne consentiraient pas pour toutes les entreprises de même nature. On a voulu ainsi empêcher la création de monopoles ou de privilèges en faveur de telle ou telle personnalité.

Le titre V, art. 27 et 28, ne donne lieu à aucune observation.

Le titre VI, art. 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, traite des clauses diverses.

Les articles 31 et 32 ont une grande importance. Le Gouvernement s'y réserve le droit d'autoriser toute autre entreprise usant de la voie ordinaire, d'accorder de nouvelles concessions s'embranchant sur celles qui font l'objet du cahier des charges, et d'autoriser la circulation des cars des nouvelles concessions sur les lignes concédées moyennant un droit de péage. Le Préfet doit statuer sur les difficultés qui pourraient s'élever sur ce sujet. Toutefois les autorisations ne peuvent être accordées qu'après enquête et dans la même forme que les concessions.

Le gouvernement s'est même réservé d'autoriser de nouvelles entreprises sur les voies concédées, moyennant payement d'un droit de circulation.

Ces deux articles ont donné lieu à des contestations assez graves à Paris, parce qu'on n'a pas fait une distinction assez nette entre les lignes de tramways et celles d'omnibus. Il y aura toujours intérêt pour les villes à éviter cette complication d'intérêts divers. A Paris cela était difficile, à cause du privilége de la compagnie des Omnibus.

L'article 34 consacre la précarité des concessions. Leur retrait est toutefois entouré de formalités assez complètes pour sauvegarder les intérêts des concessionnaires et enlever toute prise à l'arbitraire.

L'article 35 donne aux Conseils de Préfecture le jugement des contestations qui pourraient naître au sujet de l'exécution ou de l'interprétation du cahier des charges.

Les traités de rétrocession sont établis suivant une formule type que nous donnons plus loin avec celle du cahier des charges. Ils ne comportent rien de particulièrement remarquable à signaler. Disons seulement que l'article 3 contient les obligations que les rétrocessionnaires contractent envers les villes ou les départements auxquels les concessions sont accordées en premier lieu.

Les formalités à remplir pour l'obtention des concessions et les pièces à joindre à l'appui des demandes sont assez nombreuses pour qu'il y ait intérêt à les indiquer ici.

Les demandes en concession doivent être adressées au préfet du département où se trouvera le réseau projeté. Il faut y joindre :

1° Le plan général du réseau au $\frac{1}{10000}$, indiquant les lignes projetées et les rayons des courbes qu'elles comportent;

2° Le profil type de la voie simple et de la voie double. Ces dessins, destinés à faire bien comprendre le mode de construction, doivent être fournis à grande échelle.

3° Pour chaque ligne, les profils en travers types de la route suivie avec indication de l'emplacement de la voie; il faut aussi les plans partiels et profils des passages difficiles, tels que parties en courbe, etc.;

4° Un mémoire descriptif donnant tous les renseignements nécessaires pour l'intelligence du projet, surtout ceux qui se rapportent au maintien de la libre circulation des voitures ordinaires;

5° Les tarifs proposés et les conditions dans lesquelles ils devront être appliqués;

6° Un cahier des charges rédigé d'après le modèle dressé par les soins du ministère des travaux publics.

Le dossier ainsi constitué est envoyé à l'examen des Ingénieurs des ponts et chaussées du service ordinaire, qui seront chargés du contrôle d'exécution et d'exploitation. Il est ensuite transmis au Ministre des travaux publics par le préfet qui donne en même temps son avis.

Avant de prendre la demande en considération, le Ministre consulte le Conseil Général des ponts et chaussées. S'il y a lieu, il autorise ensuite le préfet du département à soumettre le projet aux formalités d'enquête *de commodo*, conformément à l'ordonnance du 18 Février 1834.

Le préfet prend alors un arrêté ordonnant l'enquête dont la durée doit être de 28 jours; il nomme en même temps les membres de la commission d'enquête qui devra donner son avis tant sur le projet lui-même que sur les observations ou réclamations qui auront pu être présentées.

Avant de transmettre à nouveau le dossier au Ministre en y joignant ses propositions, le préfet doit prendre l'avis de la chambre du commerce et celui des ingénieurs des ponts et chaussées.

Le Ministre soumet l'affaire au Conseil des ponts et chaussées avant de donner son avis. S'il y a lieu, il propose au Conseil d'État le projet de décret qui doit autoriser la concession.

Après l'avis du Conseil d'État, intervient le décret déclarant l'utilité publique. Si le décret est rendu au profit d'une ville ou d'un département, et si la concession accordée doit être rétrocédée à un particulier ou à une compagnie, cette transmission doit être sanctionnée par un nouveau décret rendu en Conseil d'État, après avis du Conseil des ponts et chaussées. Le plus souvent ce second décret intervient à la même date que le premier, les villes ne demandant de concessions que lorsqu'elles y sont poussées par un rétrocessionnaire qui a d'avance traité avec elles.

Les intéressés sont alors tenus de produire et de remettre au préfet du département le projet d'ensemble des lignes.

Ce dossier doit comprendre :

1° Le plan général des lignes au $\frac{1}{10000}$;

2° Le plan de chaque ligne au $\frac{1}{500}$;

3° Le profil en long de chaque ligne à la même échelle avec les profils en travers au $\frac{1}{200}$;

4° Les détails de construction des voies;

5° Les profils en travers types;

6° Les dessins, plans et élévations des cars;

7° Un mémoire descriptif, justifiant les diverses dispositions adoptées.

Le projet fourni par le concessionnaire est soumis à l'examen des ingénieurs des ponts et chaussées; le préfet du département le transmet ensuite au Ministre avec ses propositions. Après avoir consulté le Conseil Général des ponts et chaussées, le Ministre statue sur le projet d'ensemble des lignes.

Les concessionnaires doivent ensuite produire et remettre au préfet du département les projets d'exécution et les détails des divers ouvrages ou des lignes. On exige notamment :

1° Le plan de chaque ligne au $\frac{1}{500}$;

2° Des profils en travers au $\frac{1}{100}$ indiquant la position de la voie dans les parties difficiles;

3° Des détails d'exécution à grande échelle pour toutes les parties qui constituent la voie.

Les travaux peuvent commencer quand le préfet a approuvé ces divers projets. Quand ils sont terminés, et avant que l'exploitation ne commence, les voies sont reçues par les ingénieurs chargés du contrôle. Il peut être procédé à des réceptions partielles de lignes ou portions de lignes. Quand tous les travaux compris dans l'acte de concession sont entièrement terminés, ils sont l'objet d'une réception générale et définitive.

On le voit, les formalités à remplir sont longues et prennent considérablement de temps. Il semble qu'on pourrait les simplifier sans inconvénients et par suite en abréger la durée.

Nous nous sommes contentés d'esquisser rapidement ici ce qui a trait à la jurisprudence des tramways. La nouvelle loi en modifiera sans doute quelques points. Les lecteurs qui désireraient de plus amples détails pourront consulter avec fruit l'excellent *Cours de droit administratif* de M. Aucoc (tome III, p. 683 et suivantes). Ils trouveront aussi un exposé méthodique de la matière dans l'ouvrage de M. Challot (*Tramways et Chemins de fer sur l'ouvrage*). Le *Dictionnaire des travaux publics* de M. Debauve (actuellement sous presse) renferme enfin un résumé complet de la législation des tramways.

## MODÈLE DE DÉCRET

*Qui déclare d'utilité publique l'établissement d'un réseau de voies ferrées à traction de dans la ville de et approuve le traité de rétrocession passé entre le maire de et le sieur*

Le Président de la République française,

Sur le rapport du ministre des travaux publics;

Vu la demande présentée par l'administration municipale de à l'effet d'obtenir: 1° la concession d'un réseau de Tramways à traction de à établir sur le territoire de cette ville; 2° l'approbation d'un traité passé entre le maire de et le sieur pour la rétrocession de l'entreprise;

Vu le traité sus-visé, approuvé par délibération du Conseil municipal, en date du ;

Vu l'avant-projet et notamment le plan d'ensemble visé par le maire de le ;

Vu le cahier des charges arrêté par le ministre des travaux publics le ;

Vu les pièces de l'enquête d'utilité publique ouverte en exécution de la loi du 3 Mai 1841, et dans la forme prescrite par l'ordonnance réglementaire du 18 Février 1834;

Vu, notamment, l'avis de la Commission d'enquête du ;

Vu la délibération de la Chambre de commerce de du ;

Vu les délibérations du Conseil municipal de en date des ;

Vu la délibération du Conseil général de du ;

Vu les rapports des ingénieurs des ;

Vu les lettres du préfet de en date des ;

Vu l'avis de la Commission spéciale des Tramways du ;

Vu l'avis du Conseil général des ponts et chaussées du ;

Vu l'avis du ministre de l'intérieur du ;

Vu la loi du 3 Mai 1841 et l'ordonnance réglementaire du 18 Février 1834,

Le Conseil d'État entendu,

Décrète :

Article premier. — Est déclaré d'utilité publique l'établissement d'un réseau de voies ferrées à traction de , sur le territoire de la ville de

Art. 2. — La ville de est autorisée à établir et exploiter ledit réseau à ses risques et périls, en se conformant aux clauses et conditions du cahier des charges ci-joint, et suivant les dispositions générales du plan ci-dessus visé, qui restera aussi annexé au présent décret.

Art. 3. — Est approuvé le traité passé entre le maire de et le sieur et accepté par le Conseil municipal, suivant délibération en date du , pour la rétrocession de l'entreprise énoncée à l'article précédent.

Ledit traité restera également annexé au présent décret.

Art. 4. — Dans le cas où le rétrocessionnaire viendrait à céder tout ou partie de son entreprise, soit pour la construction, soit pour l'exploitation, sans l'autorisation expresse de l'administration supérieure, la rétrocession serait révoquée (1).

Art. 5. — Aucune émission d'obligations ne pourra avoir lieu qu'en vertu d'une autorisation donnée par le ministre des travaux publics, après avis du ministre des finances.

En aucun cas, il ne pourra être émis d'obligations pour une somme supé-

(1) Dans le cas de concession directe à un particulier ou à une société, l'article 4 s'applique au concessionnaire.

rieure au montant du capital-actions, qui sera fixé à la moitié, au moins, de la dépense jugée nécessaire pour le complet établissement et la mise en exploitation du réseau, et ce capital-actions devra être effectivement versé sans qu'il puisse être tenu compte des actions libérées ou à libérer autrement qu'en argent.

Aucune émission d'obligations ne pourra, d'ailleurs, être autorisée avant que les quatre cinquièmes du capital-actions aient été versés et employés en achat de terrains, travaux et approvisionnements sur place, ou en dépôt de cautionnement.

Toutefois le concessionnaire pourra être autorisé à émettre des obligations lorsque la totalité du capital-actions aura été versée et s'il est dûment justifié que plus de la moitié de ce capital-actions a été employée dans les termes du paragraphe précédent; mais les fonds provenant de ces émissions anticipées devront être déposés soit à la Banque de France, soit à la Caisse des dépôts et consignations, et ne pourront être mis à la disposition du concessionnaire que sur l'autorisation formelle du ministre des travaux publics.

Art. 6. — Le compte rendu détaillé des résultats de l'exploitation, comprenant les dépenses d'établissement et d'exploitation, et les recettes brutes, sera remis, tous les trois mois, au préfet du département et au ministre des travaux publics, pour être publié.

Art. 7. — Les expropriations nécessaires à l'exécution de cette entreprise devront être effectuées dans le délai de cinq ans à partir de la promulgation du présent décret.

Art. 8. — Le ministre des travaux publics est chargé de l'exécution du présent décret.

Fait à

## TRAMWAYS DE LA VILLE DE

---

### CAHIER DES CHARGES.

#### TITRE PREMIER. — TRACÉ ET CONSTRUCTIONS.

Article premier. — La ville de                    est autorisée à placer, à ses risques et périls, sur les voies publiques ci-après désignées, dépendant tant de la grande voirie que de la voirie urbaine, un réseau de voies ferrées desservies par                    , et à y établir un service de voyageurs et de marchandises.

Le réseau comprendra les lignes suivantes :

Art. 2. — La ville d                    est autorisée à passer des traités avec

une ou plusieurs Compagnies pour l'établissement et l'exploitation des lignes ci-dessus décrites. Ces traités devront assurer l'exécution des clauses du présent cahier des charges. Il seront approuvés par décrets rendus en Conseil d'État. La ville d demeurera garante envers l'État de l'accomplissement des obligations que le cahier des charges lui impose.

Art. 3. — Les voies ferrées devront être achevées et le service mis en complète activité dans un délai maximum de ans, à partir de la date du décret de concession, et de manière qu'un au moins de la longueur totale du réseau soit livré chaque année à la circulation durant cette période de ans.

Art. 4. — La ville d devra soumettre à l'approbation de l'administration supérieure le projet d'ensemble des lignes concédées dans le délai de mois, à compter de la date du décret de concession.

Ce projet comprendra les dispositions générales, telles que le tracé, l'emplacement, la largeur et le mode de construction des voies ferrées.

Les projets d'exécution et de détail des ouvrages des diverses lignes seront approuvés par le préfet, sur l'avis des ingénieurs. Ils devront être présentés dans l'ordre qui sera fixé par le préfet.

En cours d'exécution et pendant la durée de la concession, la ville aura la faculté de proposer des modifications aux dispositions adoptées. Ces modifications ne pourront être effectuées qu'avec l'approbation de l'administration supérieure ou du préfet, suivant qu'il s'agira de dispositions générales ou de dispositions de détail.

De son côté, l'administration pourra ordonner d'office, dans la disposition des voies ferrées, les modifications dont l'expérience ou les changements à faire sur les voies publiques feraient connaître la nécessité.

Art. 5. — La position des bureaux d'attente et de contrôle qui pourront être autorisés sur la voie publique, celle des égouts, de leurs bouches et regards, et des conduites d'eau et de gaz, devront être indiquées sur les plans présentés par la ville, ainsi que tout ce qui serait de nature à influer sur la position de la voie et sur la régularité des divers services qui peuvent en être affectés.

Art. 6. — L'administration déterminera le nombre des voies qui pourront être établies sur les différentes sections des lignes concédées.

Elle déterminera, de même, le nombre et la disposition des gares d'évitement qu'il y aurait lieu d'établir sur certains points spéciaux.

Les voies ferrées seront posées au niveau du sol, sans saillie ni dépression, suivant le profil normal de la voie publique et sans aucune altération de ce profil, soit dans le sens transversal, soit dans le sens longitudinal, à moins d'une autorisation spéciale du préfet.

Les rails, dont l'administration supérieure déterminera la forme, le poids et le mode d'attache, sur la proposition de la ville, seront compris dans un pavage qui régnera dans l'entre-rails et à centimètres au moins au delà de chaque côté.

Art. 7. — La ville sera tenue de rétablir et d'assurer à ses frais les écou-

lements d'eau qui seraient arrêtés, suspendus ou modifiés par ces travaux.

Elle rétablira de même les communications publiques ou particulières que ses travaux l'obligeraient à modifier.

Art. 8. — La démolition des chaussées et l'ouverture des tranchées pour la pose et l'entretien de la voie seront effectuées avec toute la célérité et toutes les précautions convenables.

Les chaussées devront, autant que possible, être rétablies dans la même journée et remises dans le meilleur état.

Art. 9. — Le déchet résultant de la démolition et du rétablissement des chaussées sera couvert par des fournitures de matériaux neufs de la nature et de la qualité de ceux qui sont employés dans lesdites chaussées.

Pour le rétablissement des chaussées pavées, au moment de la pose de la voie ferrée, il sera fourni, en outre, la quantité de boutisses nécessaire pour opérer ce rétablissement suivant les règles de l'art, en évitant l'emploi des demi-pavés.

Dans le cas où les voies ferrées seraient placées sur les trottoirs ou contre-allées en terre, il sera établi une chaussée empierrée pour la circulation des chevaux employés à l'exploitation.

Les vieux matériaux provenant des anciennes chaussées remaniées ou refaites à neuf et qui n'auront pas trouvé leur emploi dans la réfection seront laissés à la libre disposition de la ville ou des Compagnies instituées en vertu de l'article 2.

Les fers, bois et autres éléments constitutifs des voies ferrées devront être de bonne qualité et propres à remplir leur destination.

Art. 10. — Les travaux d'établissement et d'entretien seront exécutés sous le contrôle des ingénieurs de l'État.

Ils seront conduits de manière à nuire le moins possible à la liberté et à la sûreté de la circulation. Les chantiers seront éclairés et gardés pendant la nuit.

Art. 11. — A mesure que les travaux seront terminés sur des parties de voie assez étendues pour être livrées à la circulation, il sera procédé à leur réception par les ingénieurs chargés du contrôle. Leur procès-verbal ne sera valable qu'après homologation du préfet.

Après cette homologation, la ville pourra mettre en service lesdites parties de voie et y percevoir le prix de transport et les droits de péage ci-après déterminés. Toutefois ces réceptions partielles ne deviendront définitives que par la réception générale de la ligne concédée.

Lorsque les travaux compris dans la concession seront achevés, la réception générale et définitive aura lieu dans la même forme que les réceptions partielles.

### TITRE II. — ENTRETIEN ET EXPLOITATION.

Art. 12. — Les voies ferrées devront être entretenues constamment en bon état.

Cet entretien comprendra celui du pavage de l'entre-rails et des cen-timètres qui servent d'accotements extérieurs aux rails, ainsi que l'entretien des empierrements établis sur les trottoirs et les contre-allées.

Lorsque, pour la construction ou la réparation des voies ferrées, il sera nécessaire de démolir des parties pavées ou empierrées de la voie publique situées en dehors de la zone ci-dessus indiquée, il devra être pourvu à l'entretien de ces parties pendant une année, à dater de la réception provisoire des ouvrages exécutés. Il en sera de même pour tous les ouvrages souterrains.

ART. 13. — Il sera établi, par la ville, en nombre suffisant, des agents et des cantonniers qui seront chargés de la police et de l'entretien des voies ferrées.

ART. 14. — Les types des diverses voitures à mettre en service devront être soumis à l'approbation préalable du préfet.

Les voitures destinées au transport des voyageurs seront du meilleur modèle, suspendues sur ressorts, garnies à l'intérieur de banquettes rembourrées, et fermées à glaces. Leur largeur sera de au plus.

Ces voitures devront remplir les conditions de police réglées ou à régler pour les voitures qui servent au transport des personnes.

Il y aura des places de classe .

On se conformera, pour la disposition des places de chaque classe, aux mesures qui seront arrêtées par le préfet.

ART. 15. — L'entretien et les réparations des voies ferrées, avec leurs dépendances, l'entretien du matériel et le service de l'exploitation seront soumis au contrôle et à la surveillance de l'administration.

Le service de l'entretien et de l'exploitation est d'ailleurs assujetti aux règlements généraux de police et de voirie intervenus ou à intervenir, et notamment à ceux qui seront rendus pour régler les dispositions, l'aménagement, la circulation et le stationnement des voitures.

Les frais de contrôle seront à la charge de la ville et seront réglés par le préfet.

## TITRE III. — DURÉE ET DÉCHÉANCE DE LA CONCESSION.

ART. 16. — La durée de la concession, pour les lignes mentionnées à l'article 1er du présent cahier des charges, sera de ans, à partir de l'époque fixée pour l'achèvement des travaux.

ART. 17. — A l'expiration de la concession et par le seul fait de cette expiration, le gouvernement sera subrogé à tous les droits du concessionnaire sur les voies ferrées ; l'État entrera immédiatement en jouissance de ces voies et de leurs dépendances établies sur la voie publique, tant sur les routes nationales et départementales que sur les rues et chemins vicinaux ; le concessionnaire sera tenu de lui remettre le tout en bon état d'entretien et sans indemnité.

Quant aux autres objets mobiliers ou immobiliers servant à l'exploitation,

l'État se réserve le droit de les reprendre en totalité ou pour telle partie qu'il jugera convenable, à dire d'experts, mais sans pouvoir y être contraint.

Ces dispositions ne sont applicables qu'au cas où le gouvernement déciderait que les voies ferrées doivent être maintenues en tout ou en partie.

Art. 18. — Dans le cas où le gouvernement déciderait, au contraire, que les voies ferrées doivent être supprimées en tout ou en partie, les voies supprimées seront enlevées et les lieux remis dans l'état primitif par les soins et aux frais du concessionnaire, sans qu'il puisse prétendre à aucune indemnité.

Art. 19. — Faute par la ville d'avoir présenté les projets ou d'avoir entièrement pourvu à l'exécution et à l'achèvement des travaux dans les délais fixés, et faute aussi par elle de remplir les diverses obligations qui lui sont imposées par le cahier des charges, elle encourra la déchéance.

L'administration décidera, la ville entendue, si la voie doit être supprimée ou maintenue.

Dans le cas de la suppression, les ouvrages seront démolis et les lieux remis dans l'état primitif par les soins et aux frais de la ville, ainsi qu'il est dit ci-dessus. Dans le cas contraire, les travaux seront conservés, et l'exploitation aura lieu sur les bases que l'administration arrêtera.

Art. 20. — En cas d'interruption partielle ou totale de l'exploitation, la ville d sera tenue de prendre les mesures nécessaires pour assurer provisoirement le service et pour réorganiser ensuite une exploitation régulière.

Si, dans un délai de six mois, cette réorganisation ne peut s'effectuer, la déchéance pourra être également prononcée.

Art. 21. — Les dispositions des articles qui précèdent, relatives à la déchéance, ne seraient pas applicables à la ville d si le retard ou la cessation des travaux ou l'interruption de l'exploitation provenait de la force majeure régulièrement constatée.

### TITRE IV. — TAXES ET CONDITIONS RELATIVES AU TRANSPORT DES VOYAGEURS ET DES MARCHANDISES.

Art. 22. — A titre d'indemnité de la dépense et des charges de la présente concession, le gouvernement accorde à la ville d l'autorisation de percevoir pendant toute la durée de la concession, les droits de péage et les prix de transport ci-après déterminés (1).

On adoptera pour chaque ligne des prix uniques respectivement applica-

(1) Le tarif varie suivant les villes.

Les conditions qui suivent le tarif varient également suivant certaines circonstances locales et suivant que les Tramways sont destinés au service des voyageurs seulement ou au service des voyageurs et des marchandises.

bles à chacune des deux classes de voyageurs. Ces prix seront calculés au moyen du tarif précédent, d'après le parcours moyen de la ligne. Les lignes pourront être, à toute époque, modifiées par l'administration, sur la proposition de la ville.

Le poids de la tonne est de 1000 kilogr.; les fractions ne seront comptées que par centième de tonne.

Les enfants au-dessous de quatre ans, tenus sur les genoux, seront transportés gratuitement. Il en sera de même des paquets et bagages peu volumineux, susceptibles d'être portés sur les genoux sans gêner les voisins, et dont le poids n'excèdera pas 10 kilogr.

Le matin et le soir, les dimanches et jours fériés exceptés, aux heures d'ouverture et de fermeture des ateliers, le prix des places de deuxième classe sera, si l'administration municipale le requiert, abaissé au taux de . Les heures et les itinéraires auxquels ce transport à prix réduit sera applicable seront fixés par l'administration municipale.

Des voitures spéciales pourront, avec l'approbation de l'administration municipale, être employées à ces transports.

Les enfants de quatre à sept ans seront transportés à moitié prix.

Les places d'impériale seront assimilées, pour le prix, aux places de seconde classe.

Les billets d'aller et retour pourront être accordés avec une réduction d'un quart sur le prix total que l'on devrait payer pour parcourir deux fois le même itinéraire.

Il pourra être délivré des cartes permettant aux personnes qui voudront ainsi s'abonner de parcourir tout le réseau de la ville et de la banlieue, moyennant une redevance de fr. par mois pour la première classe et de fr. par mois pour la deuxième classe.

Les prix déterminés au tarif précédent, en ce qui concerne les marchandises, ne sont pas applicables aux objets encombrants, à l'or, à l'argent et autres valeurs, et en général à tous paquets et colis pesant isolément moins de 50 kilogr.

Dans tous les cas, les prix spéciaux seront arrêtés par le préfet sur la proposition de la ville. Il en sera de même pour les frais accessoires non mentionnés au tarif, tels que ceux de chargement, de déchargement et d'entrepôt.

La perception des taxes devra se faire indistinctement et sans aucune faveur.

Art. 23. — Dans le cas où la ville jugerait à propos d'abaisser tout ou partie des tarifs, les taxes réduites ne pourront être relevées qu'après un délai de trois mois.

Art. 24. — Au moyen de la perception de ces tarifs, la ville d contracte l'obligation d'assurer le transport des voyageurs et celui des marchandises avec soin, exactitude et célérité; à cet effet, elle devra faire mettre et entretenir en circulation, en toute saison, le nombre de voitures et de

chevaux réclamé par les besoins du service, en se conformant aux arrêtés qui seront pris par le préfet.

Art. 25. — Les tarifs ci-dessus déterminés pourront être révisés tous les cinq ans par l'administration supérieure, la ville d                 entendue. après le renouvellement des formalités qui auraient précédé leur établissement.

Art. 26. — A moins d'une autorisation spéciale de l'administration, il est interdit à la ville d                 ou à ses ayants droit, sous les peines portées par l'article 419 du Code pénal, de faire directement ou indirectement avec des entreprises de transport de voyageurs, sous quelque dénomination que ce puisse être, des arrangements qui ne seraient pas consentis en faveur de toutes les entreprises ayant le même objet.

### TITRE V. — STIPULATIONS RELATIVES A DIVERS SERVICES PUBLICS.

Art. 27. — Les soldats et sous-officiers en uniforme seront transportés à moitié prix.

Art. 28. — Les ingénieurs et les agents chargés de la surveillance de la voie seront transportés gratuitement dans les voitures du concessionnaire.

### TITRE VI. — CLAUSES DIVERSES.

Art. 29. — Aucune indemnité ne pourra être réclamée par la ville pour les causes ci-après :

Dommages aux voies ferrées occasionnés par le roulage ordinaire ;

État de la chaussée et influence pouvant en résulter pour l'entretien de ces voies ;

Ouverture de nouvelles voies de communication et établissement de nouveaux services de transport en concurrence avec celui du concessionnaire ;

Trouble et interruption du service qui pourraient résulter, soit de mesures d'ordre et de police, soit de travaux exécutés sur ou sous la voie publique, tant par l'administration que par les Compagnies ou les particuliers dûment autorisés ;

Enfin, toute circonstance résultant du libre usage de la voie publique.

Art. 30. — En cas d'interruption des voies ferrées par suite des travaux exécutés sur la voie publique, la ville pourra être tenue de rétablir provisoirement les communications, soit en déplaçant momentanément ses voies, soit en les branchant l'une sur l'autre, soit en employant, à la traversée de l'obstacle, des voitures ordinaires qui puissent le tourner en suivant d'autres lignes.

Art. 31. — Le gouvernement se réserve expressément le droit d'autoriser toute autre entreprise de transports usant de la voie ordinaire, et, en outre, d'accorder de nouvelles concessions de voies ferrées s'embranchant sur

celles qui font l'objet du présent cahier des charges ou qui seraient établies en prolongement des mêmes voies.

Moyennant le droit de péage tel qu'il est ci dessus fixé par l'article 22 et les arrangements qu'ils prendront avec la ville, les concessionnaires de ces embranchements ou prolongements pourront, sous la réserve de l'observation des règlements de police, faire circuler leurs voitures sur ces lignes, et réciproquement.

Dans le cas où la ville et les concessionnaires de ces embranchements ne pourraient s'entendre sur l'exercice de cette faculté, le préfet statuerait sur les difficultés qui s'élèveraient entre eux à cet égard.

Les autorisations prévues ci-dessus ne seront accordées qu'après enquête et dans la même forme que dans la présente autorisation. La ville sera entendue et le Ministre de l'intérieur sera appelé à donner son avis.

Art. 32. — Le gouvernement se réserve en outre le droit d'autoriser, dans la forme prescrite par l'article précédent, de nouvelles entreprises de transport sur les voies ferrées qui font l'objet de la présente concession, à charge par ces entreprises d'observer les règlements de service et de police, et de payer, au profit du concessionnaire, un droit de circulation qui sera arrêté par l'administration supérieure, sur la proposition de la ville, et qui ne pourra excéder la moitié ni être inférieur au tiers des tarifs; cette proposition sera soumise à la révision prévue à l'article 25.

Art. 33. — Les agents et les cantonniers qui seront chargés de la surveillance et de l'entretien des voies ferrées pourront être présentés à l'agrément du préfet et assermentés; ils auront, dans ce cas, qualité pour dresser des procès-verbaux.

Art. 34. — Comme toutes les concessions faites sur le domaine public, la présente concession est toujours révocable sans indemnité, en tout ou en partie, avant le terme fixé pour sa durée par l'article 16.

La révocation ne pourra être prononcée que dans les formes de la présente concession. En cas de révocation avant l'expiration de la concession ou de la suppression ordonnée à la suite de la déchéance, la ville ou ses ayants droits seront tenus de rétablir les lieux dans l'état primitif, à leurs frais.

Art. 35. — Les contestations qui s'élèveraient entre la ville d
et l'administration au sujet de l'exécution ou de l'interprétation du présent cahier des charges seront jugées administrativement par le Conseil de préfecture du département d sauf recours au Conseil d'État.

Art. 36. — La ville d sera tenue de déposer à la préfecture d un plan détaillé de ses voies ferrées, telles qu'elles auront été exécutées.

Art. 37. — Les droits des tiers sont et demeurent expressément réservés.

## FORMULE TYPE

### pour les Traités de Rétrocession des Tramways,

*adoptée par le Conseil d'État.*

Article premier. — La ville d concessionnaire d'un réseau de Tramways en vertu du décret du , rétrocède à MM. pour une durée de l'exploitation des lignes suivantes :

Art. 2. — Par le fait de cette rétrocession, MM. sont subrogés à toutes les obligations imposées à la ville elle-même, ainsi qu'aux avantages qui lui sont assurés par le cahier des charges joint au décret de concession.

Art. 3. — En outre, MM. paieront annuellement à la ville, à titre de droit de stationnement, une redevance de

Art. 4. — Pour garantir l'exécution de leur engagement, MM. verseront à la caisse municipale un cautionnement de en numéraire ou en rentes sur l'État.

Les du cautionnement leur seront restitués après la réception définitive des travaux. Le dernier restera entre les mains de la ville pendant toute la durée de l'exploitation.

Art. 5. — MM. devront faire élection de domicile à . Dans le cas de non-élection, toute notification ou signification à eux adressée sera valable lorsqu'elle sera faite au secrétariat de la mairie.

FIN

Paris. — Imprimerie Arnous de Rivière, rue Racine. 26.

